



Die Formstoffe der Eisen- und Stahlgießerei

Ihr Wesen, ihre Prüfung und Aufbereitung

Von

Carl Irresberger

Mit 241 Textabbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1920

Vorwort.

Die Formstoffe wurden bisher noch nicht in einer ihrer Bedeutung und den jüngsten Forschungsergebnissen entsprechenden Weise zusammenfassend behandelt. Die vorliegende Darstellung beruht auf einer Reihe gründlicher deutscher in der Fachliteratur zerstreuter Arbeiten, auf persönlichen Erfahrungen des Verfassers, auf Versuchsergebnissen der „American Society for Testing Materials" und auf Veröffentlichungen einzelner amerikanischer Fachleute, insbesondere von D. Dale Condit (Mineral Characteristics of the Molding Sand), H. C. Londenbeek (The Microscope as a Testing for Molding Sand) und H. E. Field (Rational Analysis of the Molding Sands). Besonderer Dank gebührt Herrn Algerson Curtis, der eine Reihe wertvoller Mikrophotographien liebenswürdigerweise zur Verfügung stellte.

Das Werkchen möchte dem Forscher wie dem Praktiker an die Hand gehen, dem ersten erfolgreich betretene Pfade weisen und ihn zum Weiterschreiten anregen, und dem anderen zeigen, wie das errungene Wissen unmittelbar nutzbar zu machen ist. Dem zweiten Zwecke sollen insbesondere die Darstellungen der einfachen Prüfungsverfahren, wie die in jedem noch so bescheiden ausgestatteten Gießereilaboratorium ausführbare „allgemeine Wertungsprobe" oder die „Färbeprobe", die Verfahren zur Prüfung des Holzkohlenstaubes und der verschiedenen Kernbinder usw., und nicht am wenigsten der gesamte die Aufbereitung behandelnde Teil des Buches dienen.

Sollte es gelungen sein, die Aufgabe in diesem Sinne zu lösen, so wäre das dem Verfasser eine große Genugtuung. Etwaige Anregungen für eine später etwa notwendige Neuauflage werden dankbarst entgegengenommen werden und gerne weitgehendste Berücksichtigung finden.

Salzburg, im März 1920.

Carl Irresberger.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

D. Schutzstoffe zum Überziehen der Formen.

Zweiter Teil.

F. Das Aufbereiten.

Erster Teil.

A. Die natürlichen Formstoffe.

Entstehung und Vorkommen.

Das Grundgerüst der Erdkruste besteht aus erstarrten Laven, dem sogenannten Urgestein, das hauptsächlich aus Phyllit, Glimmerschiefer, Gneis, Granit, Syenit, Granulit, Quarzit, Kalkstein und Dolomit zusammengesetzt ist. Es wird durch Verwitterung zermürbt und von Wasser, Wind und infolge seiner eigenen Schwere von der ursprünglichen Lagerstätte entfernt.

Die Verwitterung wird durch physikalische und chemische Vorgänge veranlaßt. Schroffer Wärmewechsel bewirkt die mechanische Zerstörung des Bodens. Wird erhitztes Gestein rasch abgekühlt, so zerspringt es und wird von Spalten und Rissen durchsetzt. Dringt Wasser in die Klüfte ein und gefriert, so dehnt es Zwischenräume weiter aus und lockert das Gefüge noch mehr. Allmählich zerfällt das Gestein zu lockerem scharfkantig-eckigem Schutt. Enthält das Wasser Bestandteile, die das Gestein angreifen, so wirkt es chemisch. Es erlangt chemisch wirksame Bestandteile durch Lösung von Mineralsalzen und durch Aufnahme von Säuren auf seinem Wege durch Humusschichten.

Das durch die mechanischen und chemischen Einflüsse der Verwitterung entstandene Gestein wurde ursprünglich, soweit es die örtlichen Verhältnisse erlaubten, am Fuße des Urgebirgsstockes in Form von Schutthalden abgelagert. Rinnendes Wasser trug diese Halden allmählich ab, wodurch stetig neue Gesteinsflächen in den Bereich der Verwitterung gelangten. Das verwitterte Gestein wurde von den Wässern weiter getragen und schließlich im Meere abgelagert. So entstanden die jüngeren Absatz- (Sediment-) oder Schichtgesteine, die ursprünglich wagrecht lagen, da sie vom Wasser ausgeschieden waren. Durch die Bewegungen der Erdkruste verloren sie vielfach die wagrechte Lagerung, teilweise wurden sie zu neuen Gebirgen emporgehoben, teilweise durch seitlichen Druck in Falten gelegt, zu Satteln und Mulden geformt, zum Teil durch senkrechten Druck zu steilen Schollen aufgestellt.

Die Schichtgesteine sind den gleichen Verwitterungswirkungen unterworfen wie die Massengesteine, und viele Flüsse führen heute

Verwitterungsgestein mit sich, das zum Teil von Massengebirge, zum Teil von Schichtgebirge stammt. Bei den meisten großen Wasserläufen sind drei Wirkungsgebiete zu unterscheiden. Ein Oberlauf, in dem das Wasser Gesteinsteile ablöst und fortschafft, ein Mittellauf, in dem es nur noch fortschaffende Kraft hat, und ein Unterlauf, in dem auch die fortschaffende Kraft allmählich erlahmt und zuerst Schotter, später Sand und schließlich Schlamm zu Boden sinken läßt.

Eine weitere mächtige Beeinflussung der Urgesteine und ihrer Ablagerungen ist auf die Wirkungen der in der Eiszeit tätigen Gletschermassen zurückzuführen. Die Eismassen führten große Mengen von Gestein verschiedensten Verwitterungsgrades mit sich, das sie von hoch gelegenen Gebirgsstöcken übernommen hatten, und schoben außerdem große Mengen von Felsenschutt vor sich her, die sich ihnen auf ihrem Wege entgegengestellt hatten. Vor der letzten Eiszeit hatten unsere Ströme vielfach eine andere Richtung als jetzt. Der Lauf der Flüsse wurde durch die vorwärts strebenden Eismauern gehemmt und ihr Bett mehr oder weniger mit Moränenschutt [1]) ausgefüllt. Das Wasser mußte neue Auswege suchen und bewirkte dabei neue Veränderungen der Erdoberfläche.

Das Ergebnis der gesamten Verwitterungswirkungen läßt sich in vier Hauptgruppen einteilen: Reine Urgesteinsteile, die nur durch physikalisch-mechanische Wirkungen vom Massengebirge getrennt und zerkleinert wurden; Ablagerungsgesteine, bestehend aus einem Gemenge von Urgesteinsteilen und Ton und entstanden durch eine Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge; Tone, die entstanden sind durch weitestgehende chemische Beeinflussung von Urgesteinsteilen und als Endergebnis die fruchtbare Erde, zu deren Bildung neben physikalisch-chemischen Einflüssen organische Wirkungen am meisten beigetragen haben. Für die Formerei kommen im allgemeinen nur die Ablagerungsgesteine und Tone in Betracht, wobei folgende Gruppen unterschieden werden können:

1. Sandstein oder alte Sandsteinformationen, die sich zum Teil ununterbrochen über große Gebiete erstrecken und mehr oder weniger durch Eisenoxyde, Kieselsäure oder andere Binder zusammengehalten werden,
2. körnige Sande, entstanden durch Verwitterung von Sandsteinen und anderer Gesteinsarten,
3. Gletschersande, die ein Gemisch vieler durch Gletscherwirkungen zusammengeworfener Bestandteile bilden, und
4. Tone, die nach dem Grade ihrer Reinheit in Kaoline, eigentliche Tone, Mergel, Löß und Lehm unterschieden werden.

---

[1]) Moränen heißen die Schuttwälle längs des Gletscherrandes, auf seinem Rücken, an seinem Ende und auf seinem Grunde.

Formsande.

Während viele amerikanische und englische Formsande auf das eingehendste untersucht und geordnet sind[1]), sind die Nachrichten über deutsche Formsande noch mehr als lückenhaft. Gründliche Studien liegen nur über die Halberstädter Formsande[2]) und über die rheinischen Formsande bei Kronenthal-Ratingen vor, außerdem sind die schlesischen Formsande von Kapsdorf, Kreis Trebnitz bei Breslau, chemisch und physikalisch untersucht worden.

Das Sandvorkommen im Halberstädter Gebiet ist geologisch in die obere Kreide und zwar zum Emscher Mergel einzureihen. Dieser tritt im Gebiete der Emscher in Westfalen und in der Halberstädter

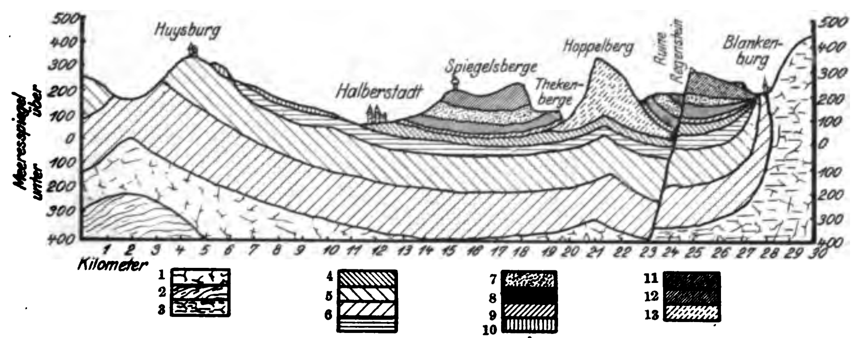


Abb. 1. Ideales Profil der Gegend von der Huysburg über Halberstadt nach Blankenburg i. H.

1 Zechstein. 4 Hias (Jura). 7 Emscher Mergel. 11 Oberer Quader (Semon).
2 Salze. 5 Muschelkalk. 8 Pläner Kalk. 12 Quader des Emschers.
3 Harzgebirge. 6 Buntsandstein. 9 Grünsand. 13 Unterer Quader (Neokom).
10 Diluvium.

Mulde, die einen Teil der großen subherzynischen Kreidemulde bildet, zutage. Die Ablagerungen sind Gebilde des Kreidemeeres, das die Jurabildungen des Halberstädter Gebietes allmählich eroberte und bedeckte. Der Emscher Mergel, der guten Formsand enthält, hat folgende Ablagerungen (Abb. 1): Als Liegendes Zenoman- und Turonbildungen (Grünsand und Pläner). Der Pläner (Kreidekalk) enthält in seinen unteren Teilen noch etwa 50% kohlensauren Kalk, der nach oben allmählich schwindet, so daß die oberen Schichten in fast kalkfreien Tonmergel übergehen, der den guten Formsand liefert. Die obersten Schichten des Formsandes bilden schon hin und wieder fast tonfreie Sandlagen (Abb. 2). Diese Schichtung läßt auf eine Küstenbildung schließen, was

[1]) Veröffentlichungen der American Foundrymen's Association, zu beziehen durch das Sekretariat des Verbandes in Watchung, New-Jersey, U. St. o. A. und eine Aufsatzreihe von A. L. Curtis im Foundry Trade Journal, 1913, S. 16 u. f., 104 u. f., 212 u. f., 295 u. f., 454 u. f., 530 u. f., 663 u. f., 779 u. f., 1914, S. 91 u. f., 230 u. f., 296 u. f.

[2]) J. Holicky, Gieß.-Zeitg. 1912, S. 525—529 und 557—561.

durch genauere geologische Feststellungen bestätigt wurde. Da die deckenden Quader des Emscher nur als Dünen und Strandbildungen zu betrachten sind, können die Gebilde des Mergels (Formsandes) nur als Rückstände und Ablagerungen des damaligen Wattenmeeres angesehen werden. Es ist ein Schlickboden, der Ton und zerriebene Sande enthält, die hin und wieder von eingebetteten kalkschaligen Tieren, die kennzeichnende Kalkabscheidungen verursachten, durchsetzt sind. Solche Kalkabscheidungen (Versteinerungen) und Abdrücke wurden von Geologen bestimmt und lassen Ammoniten, zweischalige, auch schön geriefte Muscheln, Seeigel und Schnecken erkennen.

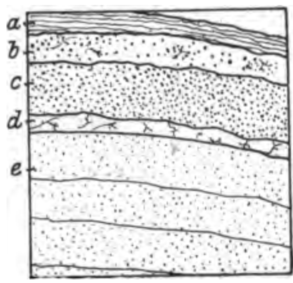


Abb. 2. Schnitt durch die Formsandgrube.

a = Sand der Eiszeit mit Findlingen; *b* = Abraumsand mit wenig Ton, ab und zu mit kleinen Sandsteinbänken; *c* = Formsand; *d* = Sandsteinbänke; *e* = Formsand in Mächtigkeit von 100 bis 150 Meter.

Der Formsand ist so fein, daß die einzelnen Sandkörner mit unbewaffnetem Auge nicht genau wahrzunehmen sind. Er fühlt sich weich an und hat eine hellgrüne Farbe. Bei etwa 150facher linearer Vergrößerung erkennt man verschieden große Körner, die eine unregelmäßige bald prismatische, bald pyramiden- und würfelähnliche Form haben, ziemlich eckig sind, aber doch keine scharfen Kanten und spitzen Ecken haben, da sie durch die Wellenbewegung des Kreidemeeres einigermaßen abgeschliffen worden sind.

In benachbarten Sandgruben werden zwei Sandarten, der sogenannte „grüne" und der „gelbe" Formsand abgebaut. Der grüne Sand findet sich mehr in den tieferen, der gelbe in den höheren Schichten. Der gelbe Formsand wird besonders für Zahnräderformen sehr gesucht. Beide Sandarten haben sich für Formereizwecke seit fünfzig Jahren vorzüglich bewährt und dazu beigetragen, daß die Eisengießereien in Halberstadt, Halle, Magdeburg und in anderen benachbarten Orten einen so großen Aufschwung nehmen konnten. Der Sand wurde weit über seine engere Heimat hinaus bekannt, er geht bis nach England, wo einzelne Firmen schon über 3500 t im Jahre bezogen haben [1]).

Die Kronenthal-Ratinger Sande [2]) gehören der oberen Oligozänformation des dortigen Geländes an und eignen sich in hervorragendem Maße zur Verarbeitung zu Formsand. Diese Eignung beruht ganz besonders auf der sehr feinen und gleichmäßigen Verteilung des Tones zwischen den Sandkörnern. Der Tongehalt ist vorwiegend primärer

[1]) Gieß.-Zeitg. 1912, S. 526.

[2]) Die geologischen, chemischen und physikalischen Untersuchungen dieser Formsande ließ die Firma August Zimmermann, Formsand- und Kernsandgruben, Kronenthal bei Ratingen, einer Anregung des Verfassers folgend, ausführen.

Natur, d. h. die Tonteilchen wurden seinerzeit am Meeresgrunde als Schlamm abgelagert. Zum Teil mag der Ton auch durch Verwitterung der den Sanden beigemischten tonerdehaltigen Stoffe entstanden sein, von denen besonders der Glaukonit, der den frischen Sanden die grünliche Farbe verleiht, in Frage kommt. Die mitunter vorkommende braune bis rote Färbung ist auf Eisenoxydhydrat zurückzuführen.

Der Tongehalt der Sande ist sehr schwankend. In manchen Schichten verschwindet er fast ganz, während er in anderen so zunimmt, daß die Tonteilchen mit freiem Auge wahrgenommen werden können. Man findet darum magere und fette Formsande. Die fetteren werden mehr gesucht, doch werden auch die mageren für manche Zwecke gerne gebraucht. Der Formsand wird innerhalb der eigentlichen Plateaufläche von diluvialen Kiesen überlagert, deren Mächtigkeit von wenigen bis zu 8 m ansteigt. Im östlichen Teile wird die Mächtigkeit wieder geringer, doch liegt hier zwischen der deckenden Kiesschicht und den Formsandschichten eine hellgraue bis weiße Toneinlagerung, die bis zu 1,2 m stark wird. Noch weiter östlich liegen über den Kiesen Sandschichten von geringer Mächtigkeit, die bis zum Lößgebiet hinübergleiten. In dem von der Chaussee nach Norden vorspringenden Rücken ist die Stärke der Decke im allgemeinen geringer und erreicht nicht ganz 4 m. Neben den Deckschichten treten am Gehänge bisweilen Überlagerungen von scharfen, losen und mittelkörnigen diluvialen Sanden auf; sie liegen in vereinzelten Flächen als dünne Überzüge von geringer Mächtigkeit dem Gehänge auf.

Die Formsandlager erstrecken sich in einer Ausdehnung von etwa 35 ha und ziehen sich, im Angertal beginnend, in genau südlicher Richtung bis zum letzten Ausläufer des Höhenzuges, dem Schwarzbachtale, hin. Nach Süden, Osten und Westen schließen sich feste Gesteinsformationen an, die im Süden für feuerfeste Erzeugnisse Verwendung finden, im Osten und Norden aber in Kalksteinlager übergehen.

Unter Zugrundelegung eines mittleren spezifischen Gewichtes von 1,6 wird das Gewicht des vorhandenen guten Formsandes auf 7 200 000 t berechnet; er reicht beim heutigen Abbauumfange noch auf 90—100 Jahre.

Die Farbe des guten Sandes ist weißlich-grün, gelblich-rot rot bis dunkelrot.

Tone.

Das Mineral Kaolin (etwa: 46,4% Kieselerde, 39,68% Tonerde, 13,9% Wasser) gilt als Ton in reinster Gestalt. Es ist entstanden durch Zersetzung kieseliger Urgesteine, insbesondere des Feldspates in seinen orthoklasen (Kalifeldspate) und oligoklasen (Kalknatronfeldspate) Formen. Das Mineral bildet meist Gang- und Lagermassen, findet sich aber auch eingesprengt und in Pseudomorphosen. Man unterscheidet

Verwitterungs- und Schlämmkaolin. Der erste ist aus anstehendem Gestein entstanden und lagert auf primärer Lagerstätte, der zweite ist zum Teil aus Verwitterungskaolin ausgeschlämmt, zum Teil aus Kaolinsandsteinen herausgewaschen und liegt auf sekundärer und tertiärer Lagerstätte. Verwitterungskaolin bildet kleine Schüppchen von 0,007 bis 0,04 mm Länge und nicht meßbarer Stärke[1]), während beim Schlämmkaolin nur noch Schüppchen von unregelmäßig begrenzter Form zu finden sind.

Die Tone sind durch die Wirkung gleicher Verwitterungseinflüsse auf die gleichen Urgesteine entstanden wie der Kaolin. Die beiden Stoffe haben darum große Verwandtschaft zueinander, und es gibt noch keine allgemein anerkannte wissenschaftliche Grenzlinie zwischen ihnen. Die Tone sind als unreine Kaoline aufzufassen, als Gebilde vermittelnder Übergänge zwischen den Feldspaten und den reinen Kaolinen, gewöhnlich gemengt mit sonstigen Zersetzungsergebnissen der zerstörten Gesteine. Geologisch läßt sich ihr Entstehen durch Vermischung reiner Kaoline mit anderen Zersetzungserzeugnissen und durch anders beeinflusste Verwitterung von Urgesteinen erklären. Praktisch wird man daran festhalten müssen, daß Kaolin ein Mineral von nicht allzu massenhaftem Vorkommen ist, während die Tone ein gewaltiges Heer verschiedener Gesteinsarten bilden. Die Tone enthalten außer reinem Aluminiumsilikat kohlensauren Kalk, Magnesia, Eisenoxydul, Quarzsand, Glimmerschüppchen, Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, kohlige Stoffe seltener Eisenkies, Gips, Schwefel, tonigen Sphärosiderit, kalkigen Mergel und andere Verunreinigungen. Die folgende Zahlentafel gibt ein beiläufiges Bild ihrer chemischen Zusammensetzung:

	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %.
Kieselsäureanhydrid (SiO_2)	46,50	62,54	68,28	75,44	52,87
Tonerde (Al_2O_3)	39,56	14,62	20,00	17,09	15,65
Eisenoxyd und Eisenoxydul	—	7,65	1,78	1,13	12,81
Kalk	—	—	0,61	0,48	—
Magnesia	—	—	0,52	0,31	2,65
Kali	—	—	2,35	0,52	1,33
Wasser	13.94	14,75	6,39	4,71	14,73

Spalte 1 enthält die berechneten Werte der Kaolinformel; Spalte 2 Ton von Pöchlarn in Österreich; Spalte 3 Ton von Grenzhausen in Nassau; Spalte 4 Ton von Bendorf bei Koblenz; Spalte 5 roten Ton von Norfolk in England.

Die Tone kommen in mannigfach wechselnder Form und Zusammensetzung vor. Man unterscheidet nach dem geologischen Vorkommen Lias-, Tertiär- usw. Tone, nach den Beimengungen Septarien-, Alaun-,

[1]) Nach Safarik und Hussak (Sitzungsbericht d. böhm. Gesellsch. d. Wissens v. 16. 2. 1870).

Salz- usw. Tone, nach dem physikalischen Verhalten feuerfeste, plastische, fette, magere, felsartige und lockere Tone. Die felsartig auftretenden Tone, zu denen insbesondere der Schieferton (Schieferletten, Brandschiefer), der Tonschiefer und der Urtonschiefer oder Phyllit zählen, kommen als Formstoffe kaum in Betracht [1]). Um so ausgedehntere Verwendung finden dagegen viele locker vorkommende Tonarten, insbesondere verschiedene Mergel-, Löß- und Lehmsorten.

Der Mergel

besteht aus einem innigen Gemische von Ton und Kalk, dem feine Glimmerschüppchen, Quarzkörner und andere mineralische Bestandteile in wechselnder Menge eingefügt sind. Er ist gewöhnlich durch Eisenoxyde blaugrün bis gelbbraun gefärbt und erhält mitunter durch einen Gehalt von Bitumen dunkle Tönung. Man unterscheidet sedimentären und diluvialen Mergel. Der erste ist ein Ergebnis fließenden Wassers, während der zweite durch die Tätigkeit bewegter Eismassen entstanden ist und sich dort findet, wo einst Gletscher in Tätigkeit waren. Das ganze norddeutsche Flachland ist darum mit diluvialem oder Geschiebmergel bedeckt. Ein Gehalt von gekritzten und geschrammten Steinen bildet stets ein untrügliches Erkennungszeichen für diluvialen Mergel. Wenn der sedimentäre Mergel geschichtet auftritt, wird er als Mergelschiefer bezeichnet. Nach dem Verhältnisse des Ton- und Kalkgehaltes werden Ton- und Kalkmergel unterschieden. Für die Gießerei kommen nur die kalkärmsten Tonmergel in Frage.

Der Löß

ist dem Geschiebemergel verwandt und gleich ihm durch die Tätigkeit von Gletschern entstanden. Er besteht zum großen Teil aus feingeriebenem Quarzsand mit wenig Ton und wechselndem Kalkgehalt. Seine Farbe ist in den unteren Lagern graublau, in den oberen gelbbraun. In den oberen Lagen enthalten Lößschichten häufig Kalkablagerungen, die als Lößkindel, Lößmännchen und noch anders bezeichnet werden. Weiter sind für alle Lößbildungen zahllose, mit freiem Auge erkennbare Poren, die auf der Wirksamkeit einer früheren Flora beruhen, kennzeichnend.

Der Lehm

die am häufigsten als Formstoff benutzte Tonart, ist das Verwitterungsergebnis von Mergel und Löß und findet sich als ihr

[1]) Eine Beimischung von Schiefermehl zum Formsande, die schon wiederholt versucht worden ist, hat noch immer zu Mißerfolgen geführt. Schiefermehl verstopft die Poren und nimmt den Sandmischungen die Luftigkeit, ohne ihre Bildsamkeit und Festigkeit zu verbessern. Es ist darum weder als Magerungsnoch als Bindemittel von Wert.



Hangendes außerordentlich verbreitet in ganz Mitteleuropa vor. Man nennt ihn je nach seinem Muttergestein Mergellehm (Lehm schlechtweg, Diluviallehm) und Lößlehm. Seine unteren Lagen schneiden wellenförmig gegen das Muttergestein ab und sind durchweg tonhaltiger und sandärmer als die oberen. Im norddeutschen Flachlande ergibt sich von unten nach oben stets folgende Schichtung: toniger Lehm, sandiger Lehm, lehmiger Sand, Sand.

Mineralische Beschaffenheit.

Die genaue mineralogische Beschaffenheit irgendeines Gesteines, eines Sandes oder Tones kann nur durch eine Summe von Untersuchungen festgestellt werden, deren Erörterung im einzelnen über den Rahmen dieses Werkchens weit hinausgehen würde. Durch Untersuchungen mit einem petrographischen Mikroskop, Feststellung spezifischer Gewichte mit Thouletscher Lösung und auf Grund chemischer Analysen wurden in amerikanischen Formsanden folgende Mineralien festgestellt[1]:

Quarz		Glimmer (Mika)	Muskowit	Pyrit
Feldspat	Orthoklas		Serizit	Kaolinit
	Mikrolin		Biotit	Pyrophyllit
	Plagioklas	Turmalin		Sillimanit
Hornblende (Amphibol)	Tremolit	Zirkon		Andalusit
	Aktinolit	Apatit		Cyanit
	(Strahlstein)	Rutil		Spinel
	Hornblende	Garnet		Kalzit
Pyroxene (Augite)	Diopsit	Korund		Dolomit
	Enstatit	Magnetit		Siderit
	Hypersthen	Chlorit		Monazit
	schwz. Augit	Serpentin		Titanit
	grün. Augit	Hämatit		Epidot
		Limonit		

Quarz ist der Bestandteil der aus geschmolzenem Urgestein am letzten auskristallisiert. — Außerordentlich verbreitet. — Zusammensetzung: SiO_2, selten ganz rein. Durchsichtig bis kaum durchscheinend. Läßt sich in der Knallgasflamme zu Fäden ausziehen. Wird durch schmelzende Soda unter Brausen zu einem klaren Glase aufgelöst. Spez. Gewicht in reinem Zustande 2,65; Härte: 7; Schmelzpunkt: 1600°, in der Form von Tridymit 800°. Bildet den Hauptbestandteil (60—90%) aller Formsande.

[1]) Die Untersuchungen wurden von D. Dale Condit, Columbus, O., mit Unterstützung des „Geological Survey of Ohio" ausgeführt. S. a. Bemerkung auf S. 3.

Feldspat. Abb. 3. Hauptbestandteil des Massengebirges. Drei Gruppen: Kali-, Natron- und Kalkfeldspate, die eine größere Zahl verschiedener Mineralien umfassen. Besteht aus kieselsaurer Tonerde und einem Silikat von Kali, Natron oder Kalkerde. Der Gehalt an Kieselerde schwankt von 44% (Anorthit) bis 69% (Albit). Die Abb. 3 zeigt einen Quarzfeldspat (Mikropegmatit)[1]).



Abb. 3. Mikropegmatit.

Hornblende. Abb. 4 und 5. Tonerdehaltige und tonerdefreie Arten. Die letzteren bestehen vorwiegend aus Kalzium- und Magnesiumsilikaten $(CaMgFe)SiO_3$, die ersteren außerdem aus Tonerde, Eisenoxydul, Eisenoxyd und etwas Alkali (Aktinolit). Kommt in unregelmäßigen Klötzchen (Abb. 4) und in dicht aneinandergeschlossenen Splittern (Abb. 5) vor. Spez. Gewicht 2,9—3,13; Härte 5—6. Infolge des niedrigen Schmelzpunktes im Formsand unerwünscht.



Abb. 4. Hornblende.

Pyroxen. Rhombische und monokline Arten Chemisch: Tonerdefreie und tonerdehaltige Pyroxene. Rhombische Formen: Enstatit (Abb. 6) $Mg(SiO_2)$ mit Eisen unter 5%. Farblos, graulich-weiß, gelblich oder grünlich und braun, je nach dem Eisengehalt; mitunter Perlmutterglanz. Spez. Gewicht: 3,1—3,5; Härte: 5—6. Bronzit.

[1]) Die Bilder der Mikrophotographien, Abb. 4 bis 20, wurden von Mr. Algernon Curtis aus seiner Aufsatzreihe „Foundry Sands and their Treatment" im Foundry Trade Journal, 1913, August und September, liebenswürdigerweise für dieses Werkchen zur Verfügung gestellt.

$MgFe(SiO_2)$. Übergangsmineral zum eisenreicheren Hypersthen. 5—15% Eisenoxydul. Fett- bis Glasglanz. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar. Wird von Säuren nicht angegriffen. Hypersthen. $MgFe(SiO_2)$. 15—30% FeO mit etwas Kalziumsilikat. Braune Farbtöne. Glas- oder Fettglanz. Sehr leicht schmelzbar. Monokline Formen: Augit. Silikat von Kalk und Magnesia mit Sesquioxyden von Ca, Mg, Mn, Fe und Al. Tritt kristallisch und in unregelmäßigen Körnern auf. Die Abb. 7 und 8 lassen die am weitesten voneinander abweichenden Formen erkennen. Lauchgrün bis schwarz. Spez. Gew. 3,3—3,5; Härte 5—6. Diopsid. $CaMg(SiO_3)_2$ mit etwas $CaFe(SiO_3)_2$ in verschiedenen grünen Abarten. Kommt in langen Kristallnadeln und in scharfen Körnern vor. Schmelzpunkt 1375°.

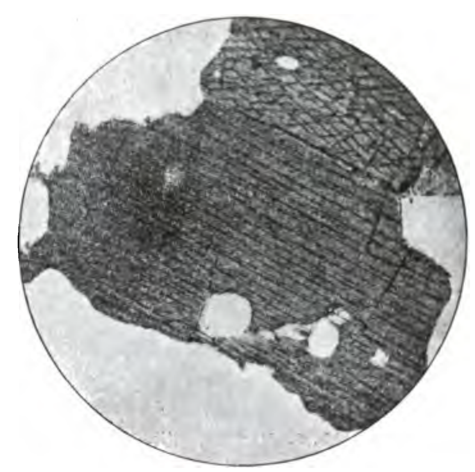


Abb. 5. Hornblende.

Die Pyroxene zählen nächst den Quarzen und Feldspaten zu den häufigsten Begleitern aller unmittelbar von Urgestein stammenden Formsande. Sie sind alle infolge ihres niedrigen Schmelzpunktes der Feuerbeständigkeit und Wiederauffrischbarkeit des Formsandes schädlich.

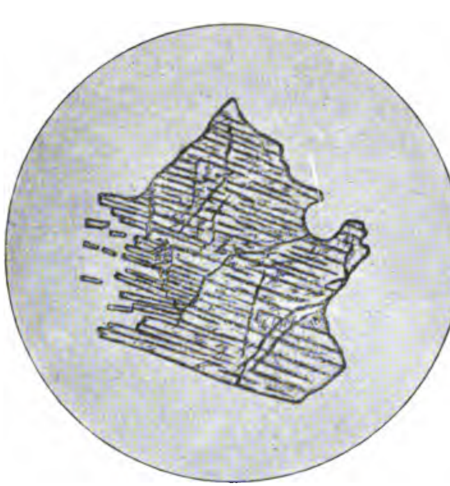


Abb. 6. Enstatit.

Glimmer. Tonerde- und Kali- oder Natronsilikate, wozu in vielen Formen Magnesia und Eisenoxydul tritt. Ausgezeichnet spaltbar. Kommt im Formsand als Muskowit (Kaliglimmer), Serizit (talgähnliche Abart) und Biotit vor. Muskowit: $(H_1K)AlSiO_4$ und $H_2KAl_3Si_3O_{12}$. Serizit erscheint unter dem Mikroskop in Formen feiner Schuppen. Biotit (Meroxen, Magnesiaglimmer, schwarzer Glimmer) ist am seltensten im Formsande nachweisbar. Glimmer mindert die Feuerbeständigkeit des Formsandes und ist darum unerwünscht.

Turmalin. Abb. 9. Ein Silikat von Aluminium, Lithium, Mangan, Kalk und Magnesium. Gekennzeichnet durch prismatische einander oft senkrecht entgegenstehende Kristalle von außerordentlicher Kleinheit. Braune bis schwarze Farbe. Spez. Gewicht 3—3,2; Härte 7—7,5. Leicht schmelzbar.



Abb. 7. Augit.

Zirkon. Abb. 10. In geringen Mengen sehr verbreitet, insbesondere im Granit, Diorit und Gneis stets vertreten. Chemische Zusammensetzung: $ZrSiO_4$ ($ZrO_2 . SiO_2$). Spez. Gewicht 4,5—4,7; Härte 7,5; Schmelzpunkt 1900°. Erscheint in Gestalt abgerundeter Klümpchen und Stäbchen. Erhöht die Feuerbeständigkeit des Formsandes.

Apatit. Abb. 11. Ca_5 (Cl, F, OH) $(PO_4)_3$ in anderer Schreibweise 3 $(Ca_3P_2O_8)$. Ca (Cl, F, OH)$_2$. Spez. Gewicht 3,19; Härte 4,5—5. Schmelzpunkt 1550°. Ist in Formen feinen Staubes in vielen Formsanden vertreten.

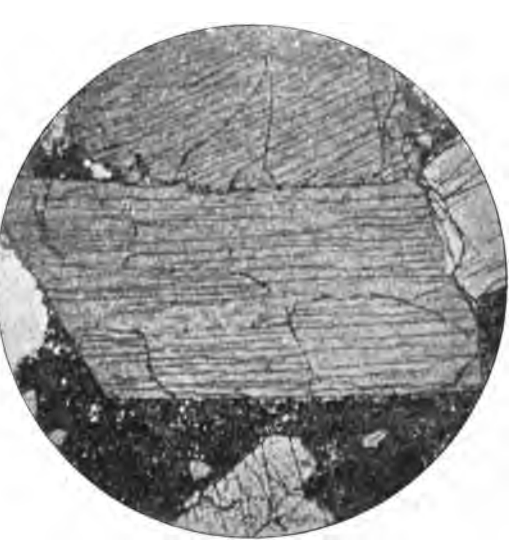


Abb. 8. Augit.

Rutil. Kommt hauptsächlich in kristallinischem Schiefer, bisweilen auch in Graniten und körnigen Kalken vor. TiO_2 oder $TiTiO_4$. Spez. Gewicht 4,2; Härte 6—6,5. Schmelzpunkt 1560°. Gelbe bis braunrote Farbe. Die Quarzkörner vieler Formsande enthalten haarfeine Rutileinschlüsse.

Granat. Abb. 12. Äußerst schwankende chemische Zusammensetzung. Man unterscheidet Ton- (Tonerdekalksilikate), Eisen- (Eisen-

kalksilikate) und Chromgranaten. Reguläre Kristalle. Je nach der Zusammensetzung alle denkbaren Farben, vorwiegend aber blaß- bis dunkelnelkenrot. Spez. Gewicht 3,4—4,3; Härte 6,5—7,5; Schmelzpunkt des Grossulars (Kalktongranat) 1150°. Ist in vielen von Gletschern stammenden Formsanden enthalten. Infolge seines niedrigen Schmelzpunktes ein sehr gefährlicher Begleiter.

Korund. Al_2O_3. Seine Härte wird nur von der des Diamanten übertroffen. Spez. Gewicht 3,9—4; Härte 9. Sehr strengflüssig. Kommt in Formsanden nur selten vor.



Abb. 9. Turmalin.

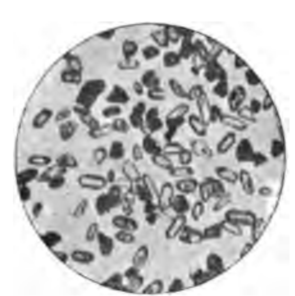


Abb. 10. Zirkon



Abb. 11. Apatit.



Abb. 12. Granat.

Magnetit (Magneteisenerz). Zerfällt in der Natur unter der Wirkung organischer Säuren zu Hämatit und Limonit. Eisenoxyduloxyd (Fe_3O_4). Schwarze Farbe. Ist stark magnetisch. Spez. Gewicht 4,9—5,2; Härte 5,5—6,5; Schmelzpunkt 1260°. Kommt in vielen Formsanden, insbesondere solchen jüngerer Bildung vor und erscheint in freien Körnern oder als Einschluß in anderen Mineralien.

Chlorit. Ortho- und Leptochlorite. Entstanden durch Verwitterung von Glimmer, Pyroxen und Hornblende. Chemische Zusammensetzung $H_8(MgFe_5) . (AlFeCr_2) Si_3O_{18}$ mit starken Chrom- oder Eisenoxydüberschüssen in einigen Arten. Große Spaltbarkeit ähnlich wie Glimmer. Spez. Gewicht 2,6—2,96; Härte 2—3.

Serpentin. Mineral von sekundärem Entstehen, meist aus Olivin. $H_4Mg_3S_2O_9$ mit etwas Tonerde (bis zu 3%) und oft recht beträchtlichem Eisenoxydgehalte (bis über 13%). Spez. Gewicht 2,5—2,7; Härte 2,5—4. Wird im Formsand in Form mikroskopischer Flocken gefunden.



Abb. 13. Kaolinit.

Hämatit (Eisenglanz, Roteisenerz), Fe_2O_3 und Limonit (Brauneisenerz) $Fe_4O_3(OH)^6$. Organische Säuren enthaltendes Wasser löst leicht Eisen auf und setzt es auf seinem Wege in die Tiefe als Eisenhydroxid, Limonit, wieder ab. Hämatit kommt sowohl in Form von rötlichschwarzen Körnern, wie als Einschluß in anderen Mineralien häufig im Formsand vor. Spez. Gewicht 4,9—5,3; Härte 5,5—6,5; Schmelzpunkt 1300°. Ebenso häufig tritt Limonit auf, das die einzelnen Sandkörnchen in dicker Schicht umhüllt.

Pyrit (Eisenkies, Schwefelkies). FeS_2. Spez. Gewicht 4,9—5,2; Härte 4,9—5,2. Gibt schon bei mäßiger Erwärmung Schwefel ab. Kristallisiert regulär. Metallischer Glanz. Kommt nur selten in oberflächlich lagernden Sanden, um so häufiger aber in tiefliegenden Formsanden vor. Infolge seiner Unbeständigkeit schon bei geringer Hitzebeanspruchung ein sehr unerwünschter Bestandteil.



Abb. 14. Sillimanit.

Kaolinit. Abb. 13. Ein Zerfallsergebnis des Feldspats. Tonerde-Kieselsäurehydrat, $H_4Al_2Si_2O_3$. Spez. Gewicht 2,6; Härte 2,5. Reiner Kaolinit ist hoch feuerfest. Gibt, wenn ein entsprechend gekörnter Quarzgehalt als Ergebnis der Verwitterung erhalten geblieben ist, ausgezeichneten Formsand. Auch der Ton besteht zum großen Teile aus Kaolinit. Pyrophyllit, eine Abart von der Zusammensetzung $Al_2Si_4O_{11} + H_2O$ oder vielmehr $HAlSi_2O_6$. Kommt in kleinen, weißen, sich fettig anfühlenden Schuppen und Fasern mitunter im Formsand vor. Dürfte ähnlich wie Kaolinit wirken.

Sillimanit. Abb. 14. Kommt in Gesteinen mit viel Tongehalt, in Tonschiefer und Gneissanden vor. Spez. Gewicht 3,24; Härte 6—7. Hoch feuerfest. Wird oft im Formsand gefunden.



Abb. 15. Cyanit.



Abb. 16. Andalusit (Chiastolit).

Andalusit und **Cyanit.** Tonerdesilikate. Kommen im Gneis, Granulit und Tonschiefern vor. Sind nicht selten von Granaten begleitet. Cyanit (Abb. 15) $(AlO)_2SiO_3$; spez. Gewicht 3,6; Härte 5,7. Andalusit (Abb. 16), von derselben Zusammensetzung, dem Cyanit in jeder Hinsicht nahe verwandt. Beide sind hoch feuerfest.

Spinell. Abb. 17. Kommt in Gneis, Granulit, Olivin, Basalt und Serpentin vor. $Mg(AlO_2)_2$. Oktraedrische Körner mit gerundeten Kanten. Farblos bis rot oder grün, mitunter auch braun. Spez. Gewicht 3,5 bis 4,1; Härte 8,0; Schmelzpunkt 1900°. Kommt nur selten in Formsanden vor.

Kalkspat (Kalzit), Abbild. 18 und 19, und **Dolomit** sind Kalkkarbonate, Kalkspat $CaCO_3$, Dolomit $CaCO_3 . MgCO_3$ und bilden den Hauptbestandteil der Kalkgebirge. Sind oft in Form kleiner Körner im Formsand zu finden, insbesondere in Sanden, die durch Gletscher entstanden sind. Sie zerfallen beim Erhitzen in das Stammoxyd und in Kohlensäure und sind darum stets ein sehr gefährlicher Bestandteil im Formsande.

Eisenspat (Spateisenstein, Siderit), ein Eisenkarbonat, $FeCO_3$. Kommt in vielen Sandsteinen vor, seltener in losen Sandablagerungen. Ziemlich feuerbeständig.

Monazit. Abb. 20. Neutrales Orthophosphat der Sesquioxyde von Zer, Neodym, Praseodym und Lanthan (Ce, Nd, Pr, La)PO_4. Hoch feuerbeständig, im Handel hoch bewertet. Kommt in Formsanden nur selten vor.



Abb. 17. Spinell.

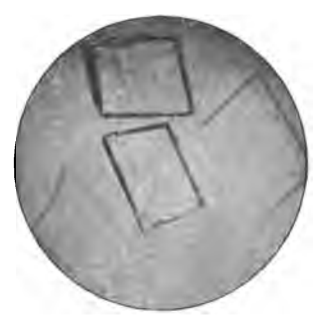


Abb. 18. Kalkspat (1).

Titanit. Kalzium-Titansilikat ($CaTiSiO_5$). Sehr leicht schmelzbar. Wurde nur selten und in geringer Menge im Formsand gefunden.

Epidot. Tonerde-Kalksilikat mit Eisen und chemisch gebundenem Wasser, $HCa_2(Al, Fe)_3Si_3O_{13}$. Sekundäres Ergebnis kristallinischer Schiefer und von Diorit, Syenit, Granit. Pistaziengrüne Farbe. Schmilzt leicht. Kommt in Form kleiner Körner in vielen Formsanden vor.



Abb. 19. Kalkspat (2).

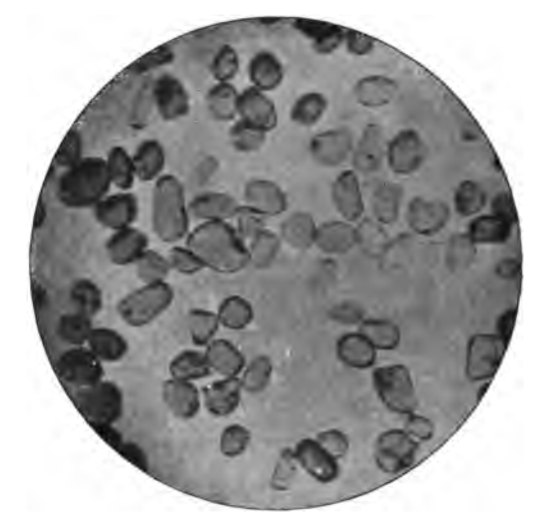


Abb. 20. Monazit.

Kennzeichnende Färbungen.

Quarzsand bildet den Hauptbestandteil aller natürlichen Formstoffe; auch die für Formzwecke verwendeten Ton- und Lehmarten bestehen stets zur größeren Hälfte aus Quarz. Die Beimengungen können zum Teil an der Farbe des Formsandes, Tons oder Lehms erkannt werden. Weiße Farbe läßt auf einen Gehalt an Feldspat,

Dolomit, Kaolin, Glimmer oder Kalkspat schließen. Die Karbonate (Kalkspat und Dolomite) werden von Salzsäure unter gleichzeitiger Entwicklung von Kohlensäure rasch aufgelöst. Bringt man auf einen Klumpen Formsand einige Tropfen Salzsäure, so braust sie infolge der plötzlichen Kohlensäureentwicklung rasch auf. Glimmer ist an seinen silbrig glänzenden, biegsamen Schüppchen zu erkennen. Der Feldspat ist fast immer teilweise zu Kaolin verwittert und tritt in kleinen, tonähnlichen Klümpchen auf, die leicht zu Staub verrieben werden können. Durch Eisenmagnesium enthaltende Minerale und ihre Verwitterungsformen, von denen Chlorit und Serpentin am häufigsten vorkommen, werden blaugrüne, olivfarbige Tönungen bewirkt. Eisenoxyde, die oft als Binder auftreten, indem sie die Quarzkörnchen umhüllen und die Zwischenräume ausfüllen, bewirken hell- und dunkelbraunes, rostfarbenes, rötlichbraunes und schokoladefarbenes Aussehen des Sandes. Auch Limonit erzeugt braune Farbtöne, während Hämatit (Roheisenstein, Rötel) rote Färbungen bewirkt. Die Gegenwart von Magnetit läßt sich mittels eines durch den Sand gezogenen Magnets leicht nachweisen.

Mineralgehalt und chemische Zusammensetzung.

Bisher wurden folgende häufig vorkommende, die Schmelzbarkeit beeinflussende Oxyde in Formsanden festgestellt[1]: SiO_2, Al_2O_3, FeO, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O, K_2O, TiO_2 und H_2O. Nebenbei fanden sich ausnahmsweise und nur in geringen Mengen P_2O_5, ZrO_2 und SO_3.

Kieselsäure, SiO_2. Der größte Teil der Kieselsäure ist im Quarz enthalten, ein kleinerer im Tonerdegehalt (wasserhaltiges Tonerdesilikat, $2\,SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,H_2O$) und ein dritter kleinster Teil in anderen Mineralien, vorzugsweise solchen der Feldspatgruppe. Der dieser Gruppe angehörende Albit enthält 68,68% SiO_2, er kommt aber nur in verhältnismäßig geringen Mengen in Formsanden vor.

Tonerde, Al_2O_3, stammt von Feldspaten und ihren Zersetzungsergebnissen, den Tonen, Kaolinen und Seriziten. Das am meisten basische Mineral der Plagioklasgruppe, der Anorthit, enthält 36,62% Tonerde. Die wichtigsten tonerdehaltigen Mineralien im Formsande sind die Pyroxene, Hornblenden- und Glimmerarten.

Eisenoxyde, FeO, Fe_2O_3, sind hauptsächlich im Magnetit, Hämatit, Limonit und Siderit enthalten. Geringe Eisenmengen finden sich im Chlorit, Epidot und in einigen Hornblenden mit Turmalinen.

Kalk, CaO, ist in vielen Mineralien enthalten, insbesondere im Kalkspat, Dolomit, Diopsid, Granat, Apatit, und in den meisten Pla-

[1]) Nach D. Dale Condit „Moulding Sand Tests“, Veröffentlichung der Am. Foundrymen's Association, s. a. Anm. 1, S. 8.



gioklasen der Feldspatgruppe. Insbesondere sind die jüngeren Sande von Gletscherzügen meist durch hohen Kalkgehalt gekennzeichnet.

Magnesia, MgO, bildet einen Hauptbestandteil der Dolomite, Serpentine, Chlorite, Diopside und Aktinolithe.

Soda, Na_2O in Na_2CO_3, und **Pottasche,** K_2O in K_2CO_3, kommen in den mehr sauren Feldspaten vor. Muskowit und Serizit enthalten Pottasche. Jüngere von Gletscherwanderungen stammende Sande haben viel weniger verwitterten Feldspat und enthalten infolgedessen ziemlich große Mengen von Soda und Pottasche.

Wasser, H_2O, ist in vielen Mineralien, wie Limonit, Kaolinit, Serpentin, Chlorit und Muskovit, chemisch gebunden und wird durch Erhitzung frei.

Titanoxyd, TiO_2, kommt im Rutil, Ilmenit und im Titanit vor.

Phosphorsäure, P_2O_5, ist in beträchtlichen Mengen im Apatit und im Monazit enthalten.

Schwefel, S, kommt meist mit Pyriten in den Formsand. Mitunter sind auch Sulfate nachweisbar.

Allgemeine Wirkungen verschiedener Mineralien.

Die natürlichen Formsande bestehen entweder aus Fluß- oder Seesand, aus zerkleinertem Sandstein oder aus Grubensand. Der Quarz bildet den feuerbeständigen Bestandteil, dem der Ton Halt und Bildsamkeit verleiht. Die Fluß- und Seesande, in der Praxis als „scharfe Sande“ bezeichnet, enthalten nicht genug Ton, um ohne Zusatz dieses Stoffes oder eines anderen Binders verwendet werden zu können. Dafür sind sie im allgemeinen von größerer Reinheit. Der zur Herstellung von Formsand verwendbare Sandstein besteht aus Quarz, dessen einzelne Körnchen durch Kieselsäure oder Ton miteinander verbunden sind. Sandsteine, deren Bindemittel aus Kalk besteht, sind zur Gewinnung von Formsand ungeeignet, weil der rohe Kalk unter der Wirkung des flüssigen Eisens zu Kohlensäure und gebranntem Kalk zerfällt, die beide einem gedeihlichen Verlaufe des Gießens hinderlich sind. Die Kohlensäure kann in das flüssige Metall treten und im Abgusse Hohlräume hinterlassen, und der tote Kalk verstopft die Poren der Form und behindert den Abzug der Gase. Neben dem Kalk treten als unerwünschte Bestandteile mancher Sandsteine Alkalien, Magnesia, Eisen- und Manganoxyde auf, und es genügt schon ein verhältnismäßig geringer Gehalt an solchen Verunreinigungen, um einen Sandstein ungeeignet zur Verarbeitung zu Formsand zu machen. Grubensand, der in vielen Fällen durch Zerfall von Sandstein entstanden ist, wechselt in seiner Zusammensetzung ebenso wie dieser; bei ihm besteht außerdem die Möglichkeit einer Verunreinigung durch organische Stoffe, Pflanzenkörper, insbesondere Wurzelteile.

Eigenschaften und Prüfung der natürlichen Formstoffe.

Die entscheidenden Eigenschaften zur Beurteilung aller natürlichen Formstoffe sind Feuerbeständigkeit, Porosität, Durchlässigkeit, Bildsamkeit und Stärke (Festigkeit). Im Gießereibetriebe handelt es sich aber gewöhnlich nicht darum, eine dieser Eigenschaften wissenschaftlich genau festzustellen, sondern darum, die verhältnismäßige Brauchbarkeit eines Sandes für Formereizwecke zu ermitteln. Das geschieht am besten durch eine allgemeine Wertungsprobe zur Feststellung der Durchlässigkeit des Sandes bei einer der Wärme überhitzten Eisens entsprechenden Temperatur. Auf dem Wege einer solchen Bewertungsprobe lassen sich zugleich wertvolle Schlüsse auf die Bildsamkeit, den Tongehalt und die Körnung einer Sandsorte gewinnen.

Allgemeine Wertungsprobe[1]).

Eine Menge von etwa 1 kg des zu prüfenden Sandes — man achte auf Erlangung einer guten Durchschnittsprobe! — wird etwas angefeuchtet, von Hand zerrieben und gut gemischt. Dabei sind schon recht bemerkenswerte Beobachtungen zu machen. Ein Sand zeigt gleichmäßige Körnung, ein anderer ein Gemenge grober und feiner Körner, ein Sand weist scharfe Körner, ein anderer rundgeschliffene Grundbestandteile auf. Während eine Sandart schon mit wenig Wasser gute Bildsamkeit erreicht, braucht eine andere dazu ziemlich viel Feuchtigkeit, und andere Sandsorten werden sogar klebrig, noch ehe sie für Formzwecke ausreichende Bildsamkeit erlangt haben. Bei einiger Übung gelangt man schon während dieser Vorbehandlung rasch zu guten Schlüssen auf eine Reihe wichtiger Eigenschaften der Probe.

Der von Hand gut durchgeknetete Sand wird mit einem Glasstabe in ein etwa 8 cm langes, unglasiertes Hartporzellanschiffchen gestampft, die Oberfläche benetzt und mit einem Spatel oder einer Messerklinge gut geglättet, wobei wieder beträchtliche Unterschiede bemerkbar werden. Magere Sande lassen sich nur schwierig glätten, da sie zu nachgiebig sind, während stark lehmige oder tonige „fette" Sande am Glättwerkzeuge kleben bleiben, leicht aufgerissen werden und zum Schlusse eine naßglänzende Oberfläche erlangen. Gute Sande von mittlerem Fettgehalte sind leicht zu glätten, sie sind elastisch, und ihre Oberfläche erscheint nach dem Glätten gleichmäßig feinkörnig und glanzfrei.

Die weitere Untersuchung ist je nach dem Verwendungszwecke eines Formsandes verschieden auszuführen. Die Brauchbarkeit eines Sandes für große Trockenformen wird bei einer Glühtemperatur von 1350° bestimmt. Für kleinere, naß abzugießende Formen wird man die Glühtemperatur nur mit 1100—1200° zu bemessen

[1]) Nach Dr. A. Schmid, Stahl u. Eisen, 1914, S. 1428/30.

haben, und für Metallformsand reichen noch beträchtlich geringere Wärmegrade, je nach dem Schmelzpunkte des fraglichen Metalles, aus. Auch verschiedene Trockenofenschwärzen können bezüglich ihres unmittelbaren Verhaltens und ihres Einflusses auf die Durchlässigkeit der Formen untersucht und verglichen werden, indem einige Proben gutbefundenen Formsandes damit bestrichen und so geprüft werden.

Zur weiteren Prüfung wird das Schiffchen mit der geglätteten Sandprobe in einem geschlossenen Schranke bei 150° scharf getrocknet. Tonarme Sande verlieren dabei den Zusammenhang, sie werden locker oder zermürben, während fette Sande beträchtlich schwinden, meist unter Bildung starker Risse. Gute Sande von mittlerem Tongehalte werden fest und hart, schwinden kaum merklich und lassen auch sonst mit Ausnahme einer helleren Farbtönung keine äußere Veränderung erkennen. Man kann schon jetzt zu einer beiläufigen Beurteilung der Durchlässigkeit gelangen, indem man einen Tropfen Wasser auf die Probe bringt. Der Tropfen verschwindet in gut durchlässigem Sande sofort, von einem weniger porösen Sande wird er langsamer aufgenommen, oder er zerfließt gar erst allmählich auf der Oberfläche. Ein Sand der letzten Art ist unbrauchbar und bedarf keiner weiteren Untersuchung. Hat sich die Probe bis hierher bewährt, so wird sie mit dem Schiffchen in das Porzellanrohr eines elektrisch heizbaren, mit einem Wärmemesser ausgerüsteten Ofens eingeführt, rasch auf 1350° erhitzt und 15 Minuten lang dieser Wärme ausgesetzt[1]). Da eine Wärme von 1350° schon in 15 Minuten erreicht wird, dauert das ganze Glühen nur 30 Minuten. Das Aussehen der Probe nach dem Glühen gewährt gute Anhaltspunkte zur Beurteilung ihrer Feuerbeständigkeit. Schlechte Sande sintern — oft unter starker Schwindung und Rißbildung oder indem sie sich aufblähen — völlig zusammen. Sand von etwas höherer Feuerbeständigkeit zeigt nur schwache Sinterung, und eine mattglänzende Oberfläche, wogegen guter Formsand, dem die Glühtemperatur nichts anhaben konnte, eine vollkommen ebene, feinkörnig-matte Oberfläche behielt. Sande der letzten Art werden auch ohne Schutzanstrich vom flüssigen Eisen nur wenig und von den meisten Metallgüssen gar nicht angegriffen.

Nun wird die letzte und wichtigste Probe auf Durchlässigkeit durch Aufbringen eines Wassertropfens auf die geglühte Probe ausgeführt, wobei die Unterschiede noch wesentlich deutlicher zutage treten als bei der nur vorgetrockneten Sandprobe. Bei gutem Sande verschwindet

---

[1]) Hierfür eignen sich bestens die Marsöfen von C. Heräus in Hanau am Main, wie sie vielfach zur Bestimmung des Kohlenstoffes in Eisen und Stahl benutzt werden. Sie beanspruchen wenig Platz, sind dauerhaft, lassen die gewünschte Wärme rasch erreichen und können auch zur Bestimmung des Aschengehalts in Koks und Graphit mit Vorteil verwendet werden.

der Tropfen sofort, bei schwach gesintertem allmählich, und auf völlig verglasten Proben bleibt er unverändert liegen.

So nützlich eine allgemeine Wertungsprobe für den laufenden Betrieb ist, so wenig vermag sie Aufschlüsse über die Ursachen der größeren oder geringeren Brauchbarkeit eines Sandes zu geben. Erst wenn man diese Ursachen erkannt und festgestellt hat, wird man befähigt sein, eine Sandsorte durch Mischung mit einer zweiten oder durch irgendwelche Zusätze zu verbessern. Um zu solchem Ziele zu gelangen, müssen die einzelnen Haupteigenschaften untersucht und soweit als möglich wissenschaftlich genau festgestellt werden.

Feuerbeständigkeit.

Unter Feuerbeständigkeit wird die Widerstandsfähigkeit eines Formstoffes gegen die Wärmewirkungen des flüssigen, in die Form strömenden Metalles verstanden. Der Schmelzpunkt seiner festen Bestandteile soll so hoch über der Temperatur des in die Form fließenden Metalles liegen, daß ein Weichwerden oder gar Schmelzen der Form ausgeschlossen bleibt. Liegt die Schmelztemperatur des Sandes oder einzelner seiner Bestandteile tiefer, so muß der Guß mißlingen oder doch zum Anbrennen des Gußstückes führen. Der letztgenannte Übelstand tritt ein, wenn einzelne, besonders wirksam beanspruchte Teile der Form zu schmelzen beginnen, nachdem das Metall erstarrt ist und feste Form erhalten hat. Es entstehen dann aus dem erweichten Formsand glasige Krusten, die mit der Oberfläche des Abgusses fest verbunden sind. Solche Krusten geben den Gußstücken ein unschönes Ansehen, sie sind meist sehr hart und nur mit verhältnismäßig hohen Kosten zu entfernen. Insbesondere werden sie bei Abgüssen gefürchtet, die eine Bearbeitung erfahren, weil sie die Arbeit verzögern und die Schneidwerkzeuge außerordentlich rasch abnützen. Völlige Fehlgüsse entstehen, wenn umfangreichere Teile der Form abschmelzen, oder wenn die Formoberfläche infolge des Zusammenschmelzens ihrer Bestandteile undurchlässig wird, wodurch entstehende Gase am Abzug behindert und Teile der Form abgesprengt werden können.

Die Feuerbeständigkeit des Formsandes hängt ab von seiner mineralischen Zusammensetzung und der Form und Korngröße seiner Bestandteile. Die Feuerbeständigkeit seiner Mineralien ist wiederum von ihrer chemischen Zusammensetzung abhängig. Die folgende Zusammenstellung [1]) gibt die Schmelzpunkte der wichtigsten felsbildenden Mineralien wieder.

[1]) Nach den Veröffentlichungen der American Foundrymen's Association, s. a. Anm. 1 auf S. 3. Die Werte für Quarz, Orthoklas, Plagioklas und Diopsid wurden von Allen und Wright vom geophysikalischen Laboratorium des Carnegie Institutes in Washington festgestellt, während die Schmelzpunkte der anderen Mineralien dem Werke von J. H. L. Vogt „Die Silikatschmelzlösungen" entnommen wurden.



Zirkon	1900°	Hämatit	1300°
Spinell	1900°	Magnetit	1260°
Quarz	1600°	Muskowit	1230°
Rutil	1560°	Orthoklas	1230°
Apatit	1550°	Titanit	1210°
Plagioklas	1532°	Granat (Grossularit)	1150°
Diopsid	1375°		

Die Schmelztemperatur reinen Quarzes liegt hoch genug, um bei nicht allzu unbedeutender Korngröße den Wärmebeanspruchungen von Grau- und Stahlgußformen gut zu widerstehen. Der Schmelzpunkt reinen Tones, des zweiten Hauptbestandteils aller Formsande beträgt 1850°[1]), weshalb jede Mischung der beiden reinen Bestandteile den Ansprüchen der Grau- und Stahlgießerei Genüge leisten würde. Praktisch hat man aber niemals mit reinem Tone und reiner Kieselsäure zu tun, die natürlichen Formstoffe enthalten stets mannigfache die Feuerbeständigkeit mehr oder weniger herabmindernde Bestandteile. Schädlich sind alle Mineraleinschlüsse von niedrigerem Schmelzpunkte, ganz besonders aber alle Alkalien und Eisenoxyd. Schon 1% an Alkalien oder Eisenoxyd reicht aus, die Feuerfestigkeit ganz wesentlich zu vermindern. Je vielgestaltiger ein Formsand zusammengesetzt ist, desto niedriger wird sein Schmelzpunkt, so daß ganz allgemein der Satz gilt: Der Schmelzpunkt eines Formsandes sinkt mit der Zahl der Bestandteile des Sandes. Weiters hängt die Schmelzbarkeit in hohem Maße von der Größe und Form dieser Bestandteile ab. Je mehr Oberfläche sie haben, desto größere Angriffsflächen bieten sie der Hitze. Ein Formsand ist deshalb um so schwerer schmelzbar, je gröber seine Körner sind und je mehr sie sich der Kugelform nähern.

Völlig reiner Ton zeigt bei Erhitzung auf eine Temperatur, bei der reines Platin zu schmelzen beginnt, kein Zeichen irgendeiner Schmelzung, während reiner Quarz schon vorher zu einer glasigen Masse zusammenschmilzt. Setzt man aber ein Gemenge von 2 Teilen Kieselsäure und 1 Teil Tonerde hoher Hitze aus, so schmilzt es früher als seine einzelnen Bestandteile. Je nachdem der Kieselsäureanteil oder der Tongehalt gesteigert wird, sinkt oder steigt der Schmelzgrad. Ganz wesentlich kann der Schmelzpunkt durch Zusatz eines Flußmittels herabgemindert werden, wobei insbesondere Magnesia, Kalkerde, Eisenoxyd und Kali — lauter Bestandteile, die auch in Formsanden vorkommen — in Frage kommen. Nach dem Richterschen Äquivalentgesetze[2]) wirken diese Flußmittel in ganz bestimmten Verhält-

[1]) Nach Bruno Kerl, Handbuch der Tonwarenindustrie, Braunschweig, 3. Auflage, S. 96.

[2]) Dr. E. Richter, „Untersuchungen über die Ursachen der Feuerbeständigkeit der Tone", Berlin 1897.

nissen, es haben z. B. 40 Teile Magnesia, oder 56 Teile Kalkerde, oder 80 Teile Oxyd oder 94 Teile Kali auf ein Gemenge von 2 Teilen Kieselsäure und 1 Teil reiner Tonerde genau dieselbe schmelzpunkterniedrigende Wirkung. Wird aber dem Gemenge von Kieselsäure, Ton und Flußmittel weitere Kieselsäure in einer Menge zugesetzt, daß sich aus der Summe aller Bestandteile noch ein Silikat bilden kann, so wird die Mischung leichter schmelzbar; wird aber der Kieselsäurezusatz darüber hinaus gesteigert, so wird das Gemenge strengflüssiger, die Schwerschmelzbarkeit des Hauptbestandteils kommt wieder zur Geltung. Diese Festellungen sind zur Beurteilung der Feuerbeständigkeit eines Formsandes auf Grund seiner mineralischen Beschaffenheit von größter Wichtigkeit.

Bestimmung der Feuerbeständigkeit.

Die Feuerbeständigkeit kann unmittelbar durch vergleichende Schmelzproben festgestellt werden oder mittelbar durch chemische Analysen und mikroskopisch-petrologische Untersuchungen.

Für die gewöhnlichen Bedürfnisse der Praxis kommen nur unmittelbare Bestimmungen in Frage. Sie liefern ohne weiteres bestimmte greifbare Ergebnisse, worauf es im Betriebe vor allem ankommt.

Am einfachsten und für die meisten Fälle genügend genaue Ergebnisse liefernd ist ein von Seger angegebenes Verfahren. Seger hat eine Reihe von Normalkegeln aus Tonerdesilikaten zusammengestellt (in der Praxis kurz Segerkegel genannt), die die Form dreiseitiger Pyramiden haben und so zusammengesetzt sind, daß sie bei steigender Hitze nacheinander schmelzen [1]).

In der folgenden Zahlentafel sind die Nummern der wichtigsten Segerkegel, sowie deren Zusammensetzung und die geschätzten Schmelztemperaturen zusammengestellt.

Zur Ermittlung des Schmelzpunktes werden aus den zu untersuchenden Sand- oder Ton-(Lehm-)Proben kleine, dreiseitige Pyramiden von 1 cm Grundkante und 2 cm Höhe hergestellt. Die Probekörperchen setzt man in einen Tiegel aus höchst feuerfester Tonmasse [2]) und setzt sie in einem Devilleschen Ofen (Abb. 21) entsprechender Erhitzung aus. Zur Ausführung der Probe schüttet man in den Tiegel — die Tiegel haben eine Höhe von 50 mm, einen äußeren Durchmesser von 45 mm und 5 mm Wandstärke — eine 7 mm hohe Schicht eines gesiebten Gemisches von bestem, feinst geschlämmten Kaolin und Alu-

[1]) Segerkegel sind vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Prof. Dr. H. Seger und E. Kramer in Berlin NW, Kruppstraße 6, zu beziehen.

[2]) Sämtliche Versuchsapparate, Ofen, Tiegel, Blasebalg und Zubehör sind vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie, Berlin NW, Kruppstraße 6, zu beziehen.



Kegel Nr.	Chemische Zusammensetzung.	Geschätzte Schmelztemperatur Grad Celsius
26	$O_1\ 3K_2O$ / $O_1\ 7CaO$ } 7,2 Teile Al_2O_3 — 72 Teile SiO_2.	1580
27	$O_1\ 3K_2O$ / $O_1\ 7CaO$ } 20 „ Al_2O_3 — 200 „ SiO_2.	1610
28	1 Teil Al_2O_3 — 10 „ SiO_2.	1630
29	1 „ Al_2O_3 — 8 „ SiO_2.	1650
30	1 „ Al_2O_3 — 6 „ SiO_2.	1670
31	1 „ Al_2O_3 — 5 „ SiO_2.	1690
32	1 „ Al_2O_3 — 4 „ SiO_2.	1710
33	1 „ Al_2O_3 — 3 „ SiO_2.	1730
34	1 „ Al_2O_3 — 2,5 „ SiO_2.	1750
35	1 „ Al_2O_3 — 2 „ SiO_2.	1770
36	1 „ Al_2O_3 — 1,5 „ SiO_2.	1790

miniumoxyd und drückt sie mit einem kleinen Holzstempel fest zusammen. Dann setzt man auf diese Bodenschicht die Versuchspyramiden und Segerkegel abwechselnd im Kreise ein, gibt ihnen durch einen leichten Druck Halt und bringt den zugedeckten Tiegel mit seinem Untersatze mittels einer langschenkligen Zange auf das große Loch der Ofenbodenplatte. Zum Anheizen wirft man etwa 30 g zerknittertes Papier in den Brennraum und gibt dem Blasbalg etwa 25 Tritte in der Minute. Sobald das Papier gut in Brand ist, füllt man 200 g haselnußgroße Holzkohle nach, bringt sie in guten Brand und feuert mit abgewogenem, auf Haselnußgröße zerkleinertem Retortengraphit weiter. Retortengraphit ist wegen seiner großen Dichtigkeit und seines geringen Aschengehaltes der bestgeeignete Brennstoff. Der Blasebalg wird schneller, mit 50 Tritten in der Minute, bewegt und zugleich weiter gefeuert, bis der Tiegel deutlich sichtbar wird. Mit 900 g Retortengraphit wird gewöhnlich eine Hitze zum Schmelzen von Kegel 26 erreicht, zum Schmelzen jeder höheren Kegelnummer sind etwa je 26 g Graphit nötig. Die Hitze wird so weit gesteigert, als mutmaßlich für die Versuchskegel erforderlich ist. Nach dem Erkalten zerschlägt man die Tiegel und stellt aus dem Befunde der Kegel und Pyramiden die zum Schmelzen der Probe erforderliche Wärme fest.



Abb. 21.

Eine vollkommenere Bestimmung hat J. Shaw ausgeführt[1]). In einen Holzklotz von etwa 205 mm Länge, 127 mm Breite und 76 mm Tiefe werden zwei Hohlräume in Form von Pyramidenstutzen mit quadratischen Grundflächen von 50 und 12 mm Seitenlänge und 63 mm Höhe eingeschnitten (Abb. 22). Beide Hohlräume werden mit dem zu untersuchenden Formsande vollgestampft, worauf man die Sandpyramiden getrennt ausstößt, den Sand einer Pyramide mit Kohlenstaub mischt und dann für beide Sandmengen mittels der Siebprobe (S. 42/43) den durchschnittlichen Feinheitsgrad und Oberflächenfaktor (S. 42) bestimmt. Der durchgesiebte Sand wird wieder in die pyramidischen Hohlräume gestampft — in den einen Raum die mit Kohlenstaub gemischte Probe, in den anderen der ursprüngliche Sand —, der ganze Holzblock einschließlich seines Sandinhaltes sorgfältig eingeformt und so aus der Form gehoben, daß die Sandpyramiden auf ihrer Grundfläche in der Form sitzen bleiben, und nun die Form möglichst heiß abgegossen. Nach dem Ausheben des Abgusses, das vorsichtig genug bewirkt werden muß, um die Sandpyramiden in ihm zu belassen, wird der Sand jeder Pyramide für sich gesammelt und aufs neue mittels der Siebprobe auf durchschnittliche Korngröße und Oberflächenfaktor untersucht. Man gewinnt auf diese Weise ein genaues Bild des Zusammenfrittens nicht nur der Sandteilchen, sondern auch des Einflusses der Kohlenasche auf den Formsand, was oft von besonderer Wichtigkeit ist.

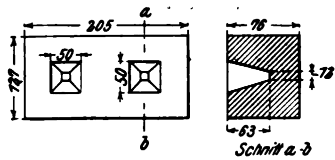


Abb. 22. Form für Segerkegel.

Die Abb. 23 bis 35a zeigen die Ergebnisse einer recht bemerkenswerten Versuchsreihe, die Algernon Lewin Curtis zur Ermittlung des Zusammenfrittens von Lancashire Formsand durchgeführt hat[2]).

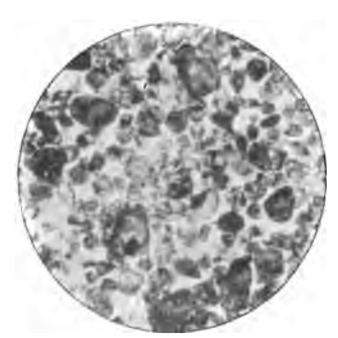

Abb. 23. Lancashire Formsand im Naturzustande (50 fache Vergrößerung).

Abb. 23 gibt ein fünfzigfach vergrößertes Bild des rohen, roten Lancashire Sandes, während die Abb. 24 bis 27 Gefügebilder desselben Sandes im Verlaufe der Siebprobe erkennen lassen. In Abb. 28 ist ein photographisches Bild eines aus 100 g rotem Lancashire Sand hergestellten Kernes wiedergegeben. Der Sand wurde 1 Stunde lang bei 100° getrocknet, im Mörser zerstoßen, mit 20 ccm Wasser bildsam gemacht und in eine kleine Form gedrückt. Abb. 28a

---

[1]) Nach Foundry Trade Journal, 1913, Juni, S. 342.
[2]) Nach Foundry Trade Journal, 1913, Dezember, S. 779/82.

zeigt eine Mikrophotographie der Sandprobe. Der Kern wurde dann Temperaturen von 1300° und, um je 100° steigend, Temperaturen bis zu 1800° unterworfen. Die entsprechenden Gefügebilder zeigen deutlich die Beschaffenheit des Kernes und Sandes nach jeder Wärmesteigerung. Bei 1200° wurde der Kern etwas zermürbt, und der Sand macht den Eindruck, gebleicht worden zu sein (Abb. 29 und 29a). Abb. 30 und 30a (Erhitzung auf 1300°) läßt ein leichtes Zusammenschmelzen,



Abb. 24. Lancashire Formsand: Rückstand am 50er Sieb (96fache lineare Vergrößerung).

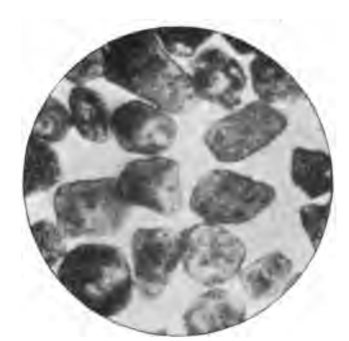


Abb. 25. Lancashire Formsand: Rückstand am 100er Sieb (96fache Vergrößerung).

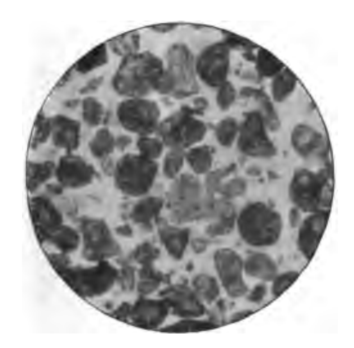


Abb. 26. Lancashire Formsand: Durchfall aus dem 100er Sieb (96fache Vergrößerung).

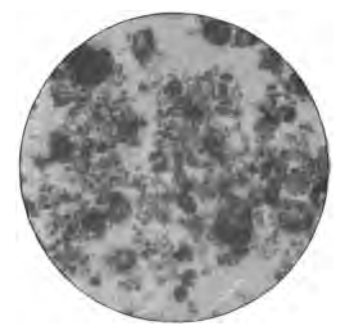


Abb. 27. Lancashire Formsand: Tonsubstanz (96fache Vergrößerung).

vermutlich der Feldspatteile, erkennen. Bei 1400° hat der Feldspat begonnen, den Quarz anzuschmelzen (Abb. 31 und 31a), und bei 1500° (Abb. 32 und 32a) ist ein Teil des Sandes zu einer glasigen Masse zusammengeschmolzen. Die Schmelzung schreitet mit der stärkeren Erwärmung vor, zugleich verliert der Kern seine Form (Abb. 33 und 33a) und besteht nach Erhitzung auf 1600° nur noch aus einer glasigen Masse, über die eine dünne Haut gebreitet ist (Abb. 34, 34a, 35, 35a). Jede Probe war etwa 5 Minuten der betreffenden



Abb. 28. Kern bei gewöhnlicher Tageswärme.

Abb. 28a. Gefügebild des ungetrockneten Kernes (96 fache lineare Vergrößerung)



Abb. 28a.

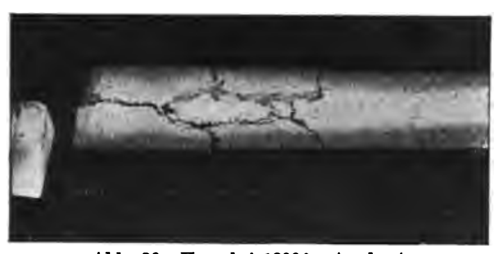


Abb. 29. Kern bei 1200° getrocknet.

Abb. 29a. Gefügebild des bei 1200° getrockneten Kernes 50 fache Vergrößerung)

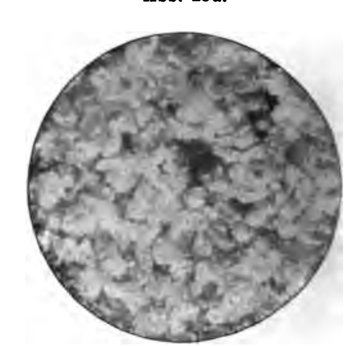


Abb. 29a.



Abb. 30. Kern bei 1300° getrocknet.

Abb. 30a. Gefügebild des bei 1300° getrockneten Kernes (50 fache Vergrößerung).

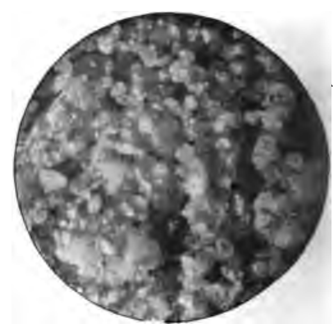


Abb. 30a.



Abb. 31. Kern bei 1400° getrocknet.

Abb. 31a. Gefügebild des bei 1400° getrockneten Kernes (50 fache Vergrößerung).



Abb. 31a.



Abb. 32. Kern bei 1500° getrocknet.

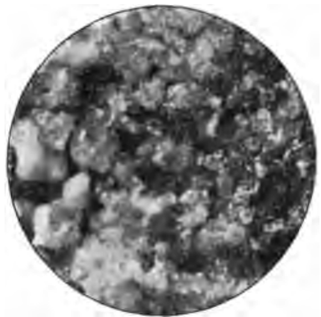


Abb. 32a. Gefügebild des bei 1500° getrockneten Kernes (50fache Vergrößerung).

Abb. 32a.



Abb. 33. Kern bei 1600° gebrannt.



Abb. 33a. Gefügebild des bei 1600° gebrannten Kernes (50fache Vergrößerung).

Abb. 33a.



Abb. 34. Kern bei 1700° gebrannt.



Abb. 34a. Gefügebild des bei 1700° gebrannten Kernes (50fache Vergrößerung).

Abb. 34a.



Abb. 35. Kern bei 1800° gebrannt.



Abb. 35a. Gefügebild des bei 1800° gebrannten Kernes (50fache Vergrößerung).

Abb. 35a.

Höchsttemperatur unterworfen. Die kleinen Figuren links von den Sandproben zeigen einen der gleichen Erhitzung unterworfenen gewesenen Seegerkegel [1]).

Porosität und Gasdurchlässigkeit.

Porosität und Gasdurchlässigkeit sind wesentlich verschiedene Eigenschaften des Formsandes, die aber bis in die jüngste Zeit nicht selten für eins gehalten worden sind. Die Porosität des Formsandes entspricht der Summe aller Hohlräume zwischen den einzelnen Sandkörnern, bezogen auf irgendeine Raumeinheit, während die Gasdurchlässigkeit von dem Widerstande abhängt, den die Gießgase auf dem Wege durch diese Hohlräume finden. Freilich hängt die Durchlässigkeit in erster Linie von der Porosität ab, und der Satz: ein Sand ist um so durchlässiger — luftiger, sagt der Former —, je poröser er ist, hat im allgemeinen seine volle Richtigkeit. Die Durchlässigkeit hängt aber noch von anderen Umständen ab; Formsande von gleicher Porosität können sehr verschieden durchlässig sein. Sie ist außer von der Porosität in hohem Maße abhängig von dem Verhältnisse des Quarzgehaltes zum Tongehalte, von der Größe und Form der Quarzkörner und von der Art des Tons. Da die Quarzkörner fast immer größer sind als die Tonkörperchen, ist ein quarzreicher, magerer Sand durchlässiger als ein lehmreicher, fetter. Je größer die Sandkörner sind, um so besser wird die Gasdurchlässigkeit, trotzdem die Porosität im allgemeinen nicht mit der Korngröße wächst. Die größte Porosität würde vorhanden sein, wenn ein Sand nur aus lauter gleich großen, genau kugeligen Körnern bestünde. Die Porosität betrüge dann etwa 25%, ganz gleich, ob die Körner groß oder klein wären; nur gleich groß müßten sie sein. Die Durchlässigkeit würde aber mit der Korngröße wachsen, weil die Räume zwischen den Kugeln mit zunehmendem Kugeldurchmesser weiter werden müßten. Die Gasdurchlässigkeit hängt auch sehr beträchtlich von der Gleichmäßigkeit der Körner ab. Sind größere und kleinere Körner im Sande vorhanden, so füllen die kleineren die Hohlräume zwischen den größeren mehr oder weniger aus. Es ist der Fall denkbar, daß in ein Gemenge aus lauter gleich großen Kugeln eine Zahl kleinerer Kugeln eingeschoben werden kann, die nur die Hohlräume zwischen den großen Kugeln ausfüllen, ohne den Gesamtraum, den die großen Kugeln allein einschließlich des freien Raumes zwischen ihnen einnehmen, auch nur im geringsten zu vergrößern. Damit würde die Porosität des Gemenges abnehmen, in wesentlich höherem Maße aber die Gasdurchlässigkeit.

[1]) Genauere Angaben über den Verlauf der Untersuchung insbesondere die Handhabung der Kernproben vor dem Brenner und unter dem Mikroskope sind der Quelle a. a. O. Bemerkung 2 auf S. 24 zu entnehmen.



Aus ähnlichen Erwägungen ist es zu erklären, daß die Gasdurchlässigkeit auch von der Form der Sandkörperchen abhängig ist. Jede andere Form als die der Kugel ergibt geringere Hohlräume und engere Kanäle. Aus prismatischen oder kubischen Sandkörperchen läßt sich eine Masse zusammenstellen, die praktisch ganz gasundurchlässig ist. Im allgemeinen dürfte der Satz gelten: Je unregelmäßiger die Größe und Form der Sandkörner ist, um so weniger gasdurchlässig wird der Formsand (prismatische, kubische oder sonstwie mit regelmäßigen ebenen Flächen ausgestattete Sandkörner kommen praktisch nicht in Frage!).

Gleichwie zur Bestimmung der Feuerbeständigkeit werden auch zur Feststellung der Porosität und Durchlässigkeit mittelbare und unmittelbare Proben ausgeführt. Die unmittelbaren Prüfungen dienen zur Bestimmung des Maßes der untersuchten Eigenschaften, während die mittelbaren deren Grundlagen feststellen sollen.

Die Porosität kann durch Feststellung des spezifischen Gewichtes und des Raumgewichtes des lose geschichteten Sandes sowie durch Zuführung von Wasser bis zur vollen Sättigung einer genau bemessenen Sandmenge ermittelt werden. Im ersten Falle wird eine Sandprobe bei 100° C bis zur Gewichtsunveränderlichkeit getrocknet, dann zunächst das Raumgewicht und schließlich mit Hilfe des Pyknometers das spez. Gewicht bestimmt. Der Unterschied zwischen dem spez. und dem Raumgewichte entspricht dem Porenraum. Wurde z. B. das spez. Gewicht mit 2,5 und das Raumgewicht mit 1,2 festgestellt, so beträgt der Porenraum 2,5 — 1,2 = 1,3 oder 52%. Der so ermittelte Wert der Porosität gilt nur für den völlig trockenen Sand. Ein größerer oder geringerer Feuchtigkeitsgehalt beeinflußt naturgemäß die Porosität. Sie wird mit zunehmendem Wassergehalt geringer, weil dann ein wachsender Teil des Gesamthohlraumes durch Wasser ausgefüllt wird.

Nach einem von Eduard Schott schon im Jahre 1865 vorgeschlagenen Verfahren wird die Porosität ermittelt, indem man einem Formsandwürfel so viel Wasser zuführt, als er aufnehmen kann, ohne seine Form zu verlieren. Das Verfahren weist stets eine geringere Porosität auf als die Ermittlung auf Grund des spez. und des Raumgewichtes. So ermittelte J. Holicky bei einer Probe von Halberstädter Formsand das spez. Gewicht mit 2,542 und das Raumgewicht mit 1,187, woraus sich ein Porenraum von 53,3% ergibt. Die Feststellung nach dem Schottschen Verfahren wies dagegen nur eine Porosität von 45% aus[1]). Die Ursache des Unterschiedes liegt in der ungleichen Verteilung des Wassers im Schottschen Versuchswürfel und in dem unvermeidlichen Zusammensacken während des allmählichen Betropfens.

---

[1]) Gieß.-Zeitg. 1912, 15. September, S. 557.

Ein steigender Wassergehalt muß natürlich die Porosität vermindern, das ist aber nicht immer auch bezüglich der Durchlässigkeit der Fall. Verschiedene Formsande bedürfen entsprechend ihrer Korngröße und ihrem Tongehalte zur Erreichung größter Durchlässigkeit verschiedener Wassergehalte. J. Holicky hat festgestellt, daß bei einer Reihe von ihm untersuchter Formsande aus dem Halberstädter Gebiete die Durchlässigkeit im nassen Zustande größer war als im trockenen [1]), während J. Shaw auf eine Reihe von Untersuchungen amerikanischer Formsande hinweist [2]), die das Gegenteil dartun.

Die Porosität kann nur unter sonst gleichen Verhältnissen als Maßstab der Durchlässigkeit gelten, im allgemeinen muß die letztere für sich bestimmt werden. Das geschieht, indem man eine bestimmte Menge Luft oder anderes Gas unter gleichmäßigen oder ungleichmäßigen Saug- oder Druckwirkungen durch eine Probe von losem oder gepreßtem Sand treibt und den erforderlichen Druck oder den Zeitaufwand oder die Luftmenge oder auch alle drei Werte bestimmt. Es dürfte gleichgültig sein, ob das Gas durch die Sandprobe gesaugt oder gedrückt wird, dagegen ist ein gleichmäßiger Druck dem ungleichmäßigen vorzuziehen; der letzte bringt ein unsicheres Moment in den Versuch und erschwert es, allgemeingültige, vergleichbare Grundwerte aufzustellen. Ein Vergleich der Prüfungsergebnisse verschiedener Sandsorten und eine darauf aufgebaute Wertung ist nur dann möglich, wenn die Versuche mit Proben gleichen Verdichtungsgrades ausgeführt werden. Lose Proben, die keine andere Verdichtung erfahren haben als die durch Art und Eigengewicht des Sandes bedingte, sind für Vergleichszwecke wenig geeignet. Verschiedene Sandarten fallen je nach ihrer Korngröße, ihrem Tongehalte und ihrer Feuchtigkeit sehr verschieden zusammen, und irgendein Zufall, z. B. ein Rütteln oder Aufstoßen des mit losem Sande gefüllten Probegefäßes kann schon zu einer merkbaren Verdichtung des Sandes und in der Folge zu einer nicht unwesentlichen Beeinflussung des Versuchsergebnisses führen. Solche Zufälligkeiten und in der Natur des Sandes liegende Unregelmäßigkeiten können durch künstliches Verdichten des Sandes auf ein bestimmtes Maß praktisch belanglos gemacht werden.

Nach dem Verfahren von Dr. Steinitzer [3]) wird die Zeit gemessen, welche erforderlich ist, um 100 ccm Luft durch eine Sandprobe von bestimmter Größe und Pressung zu saugen. Die dazu benützte Einrichtung ist folgenderweise zusammengesetzt: An einer Woulffschen Flasche *A* (Abb. 36) von 3—4 l Inhalt ist seitlich ein Ablaufhahn mit einem senkrechten Ablaufrohr *B* von 1 mm weiter Bohrung angebracht.

[1]) Gieß.-Zeitg. 1912, 15. September, S. 558.
[2]) Foundry Trade Journal, 1913, Juni, S. 344.
[3]) Stahl und Eisen, 1907, S. 779/781.



Ein Mariottesches Rohr C endigt mit einer auf 2 mm verengten Öffnung 5 cm oberhalb der Ausflußöffnung B, so daß das austretende Wasser stets gleichen Druck hat und durch C die Luft so lange mit gleichbleibendem Drucke angesaugt wird, als der Wasserspiegel nicht unter den verengten Auslauf des Rohres C sinkt.

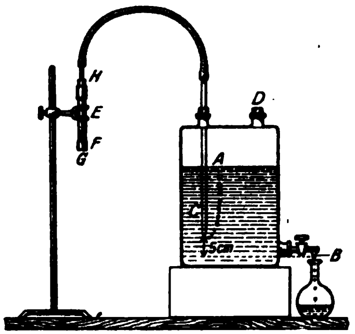


Abb. 36. Woulffsche Flasche.

Diese Saugvorrichtung wird mit einem Sandbehälter E verbunden, der aus einem Messingrohr von 10 cm Länge und 15 mm innerem Durchmesser besteht (Abb. 37) und unten mit einem feinen Siebe G abgeschlossen ist. Ein Becher J und ein Stampfer L (Abb. 38) dienen zur Füllung des Behälters. Der Becher J faßt ein Viertel des Inhaltes vom Röhrchen E. Das Verschlußstück H dient zum Anschlusse an die Saugvorrichtung. Der Stampfer besteht aus einem Hartholzzylinder L von 12 cm Länge, der sich mit wenig Spielraum in E bewegen läßt; oben ist ein eiserner Ring M angebracht und eine Eisenspindel N mit scheibenförmigem Griffe eingeschraubt. Die Spindel trägt ein frei verschiebbares, 375 g schweres Bleigewicht O, dessen Bohrung mit einem Messingrohre ausgekleidet ist. Eine Stellschraube P setzt die Fallhöhe des Gewichtes auf 3 cm fest.

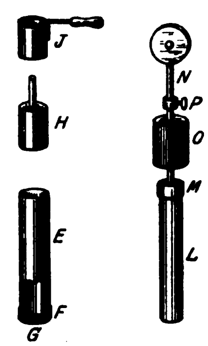


Abb. 37 und 38. Steinitzersche Meßbehefe.

Zur Füllung des Proberöhrchens wird der kleine Becher mit Sand glatt gefüllt und in das Rohr E entleert, worauf man den Stampfer einsetzt und das Gewicht O dreimal zur Schraube hochzieht und niederfallen läßt. Nach vier Becherfüllungen ist das Rohr E gleichmäßig mit Sand gefüllt. Das Rohr wird nun mit der Saugvorrichtung verbunden (Abb. 36), etwas Wasser abgelassen, bis aus C Luftblasen entweichen, und nach Schließen des Hahnes gewartet, bis keine Luft mehr entweicht. Dann erst werden 100 ccm Wasser abgelassen, die Zeit vermerkt, und davon die vor dem Einsetzen des Rohres E ermittelte Ausflußzeit ohne Sandfüllung abgezogen. Die Versuche ergeben die Zeit, in der eine 10 cm hohe, in beschriebener Weise verdichtete Sandschicht 100 ccm Luft durchläßt.

In der folgenden Zahlentafel sind die Ergebnisse der Untersuchung von fünf Sandproben nach dem Steinitzerschen Verfahren zusammengestellt und zum Vergleiche die durch rationelle Analyse ermittelten Gehalte an Tonsubstanz und Quarzsand, die Korngröße sowie einige Angaben über die allgemeine Beschaffenheit der untersuchten Sande

nebst den Prüfungsergebnissen nach dem Schottschen Verfahren angeführt. Die Sande wurden vor den Prüfungen bei 120° getrocknet[1]).

Sandproben:	Feiner Kernsand von Kaiserslautern %	Kern- und Formsand von Kaiserslautern %	Huberde aus dem schweizerischen Jura %	Mühlhauser Formsand %	Quarzsand von Aedermannsdorf %
Glühverlust . . .	1,35	1,15	2,01	3,65	1,00
Tonsubstanz . . .	13,45	17,46	11,27	24,63	5,57
Quarzsand	85,20	81,39	86,72	71,72	93,43
Saugprobe (Ausflußzeit der Saugvorrichtung ohne Sand 1m 57s):	2m 40s 2m 41s 2m 33s	4m 31s 4m 20s 4m 27s	68m 33s 67m 53s 68m 9s	28m 23s 27m 48s 29m 0s	0m 11s 0m 10s 0m 10s
Korngröße in mm 0,002—0,005	5,24	7,06	13,38	11,80	1,64
0,005—0,015	2,54	3,50	4,34	4,22	1,40
0,015—0,030	1,22	1,66	2,60	3,20	0,42 (0,015—0,050)
0,030—0,050	0,50	0,80	0,08	0,78	
0,050—0,100	4,80	8,76	24,94	10,90	1,94
0,100—0,300	85,70	78,22	54,66	51,30	45,00
0,300—0,500	—	—	—	17,80	48.00
über 0,500	—	—	—	—	1,60
Form der Körner und Oberfläche	Rundlich ziemlich gleichmäßig	Ziemlich gleichmäßig wenig rauh	Sehr scharfe Formen und sehr rauh	ebenso	ziemlich gleichmäßige Form wenig rauh
Schottsche Probe: Ein Würfel von 8 cm Kante nimmt ccm Wasser auf:	12,95	14,4	11,75	16,3	11,9

Diesem Prüfungsverfahren, das, seiner Einfachheit halber, für vergleichende Versuche, die auf einem Werke von der gleichen Hand ausgeführt werden, ganz gut geeignet ist, haften aber doch so schwere Mängel an, daß es zur allgemeinen Anwendung wenig geeignet erscheint. Infolge der kleinen Abmessungen der Sandprobe kommen verschiedene unbestimmbare Größen zur Geltung. Schon die Füllung des kleinen Meßbecherchens ist etwas schwierig so auszuführen, daß es jedesmal die gleiche Sandmenge faßt; das Umleeren in das Proberöhrchen, die Ausebnung jeder Sandschicht vor Aufsetzen des Stampfers und die Handhabung des Stampfers im Augenblicke, in dem das Gewicht niederfällt, können so große Verschiedenheiten der Sandverdichtung bewirken, daß von einer nennenswerten Genauigkeit der Versuchsergebnisse nur bei großer Übung des Ausführenden die Rede sein kann. Die Ergebnisse stehen denn auch mit auf Grund anderer, zutreffenderer Erwägungen gewonnenen oft in unmittelbarem Gegensatze, worauf

[1]) Nach Stahl und Eisen, 1907, Mai, S. 781.

u. a. auch C. Geiger hinweist[1]). Trotzdem ist der dem Steinitzschen Verfahren zugrunde liegende Gedanke gesund, es bedürfte nur einer besseren Anordnung und Ausführung der Einzelteile, z. B. einer ausgiebigen Vergrößerung des Proberohres, insbesondere seines Durchmessers, um zuverlässigere Ergebnisse zu erzielen. Die im folgenden zu besprechenden Untersuchungseinrichtungen beruhen denn auch insgesamt auf Anregungen, die das Steinitzsche Verfahren gebracht hat.

Henri Le Chatelier befeuchtet eine Sandprobe von 50 g mit 4 ccm Wasser und stampft sie mit einem eisernen Stampfer von 500 g Gewicht in einen Glaszylinder von 46 mm lichter Weite. Nach Glättung der Sandflächen an beiden Rohrenden wird das obere Ende mit einem Behälter gepreßter Luft verbunden, so daß der Luftstrom von oben her durch den Sand dringen muß. Ein Druckmesser ermöglicht die Feststellung des Druckes, während die Luftmenge an einer Ziffernleiste abgelesen wird. Die Zeit, die der Durchfluß von 5 l Luft erfordert, soll unter gleichzeitiger Bezugnahme auf einen bestimmten Druck als Maßstab der Durchlässigkeit gelten[2]). Dem Verfahren haften im allgemeinen die Vorzüge und Mängel des Steinitzschen an, es bringt aber insofern einen Fortschritt, als das Proberohr wesentlich erweitert wurde und neben der Durchflußzeit auch der aufgewendete Druck in Rechnung gezogen wird.

Auf Grund der etwas ungenauen Angaben Le Chateliers hat J. Holicky einen ähnlich wirkenden Apparat ausgeführt[3]), bei dem aber die Sandprobe nur lose in das Versuchsrohr geschüttet wird. So werden zwar die Fehler ungleichmäßiger Verdichtung vermieden, doch bleiben die Ungenauigkeiten bestehen, die der Untersuchung losen Sandes anhaften (S. 30). Holicky erachtet im Gegensatz zu Le Chatelier allein den Druck als maßgebend, der erforderlich ist, um eine bestimmte Menge Luft durch die Probe zu treiben, wozu die Erfahrung Anlaß gegeben hat, daß bei seinen Versuchen die Durchflußzeit fast immer annähernd dieselbe geblieben ist ($7^1/_2$ Minuten). Le Chatelier hat bei annähernd gleichbleibendem Drucke Durchflußzeiten von 1 Minute 10 Sekunden bis zu 1 Stunde festgestellt. Er hat insbesondere gefunden, daß die Durchflußzeit bei trockenen Sanden fünfmal so groß war wie bei angefeuchteten[4]).

Ein von F. A. Krog gebauter Apparat (Abb. 39)[5]) vermeidet nicht die Fehlerquellen des engen Proberohres. Er besteht aus einem Be-

[1]) C. Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, Berlin 1911, Bd. I, S. 427.

[2]) Revue de Métallurgie 1909, Dezember, S. 1257.

[3]) Gieß.-Zeitg. 1912, 15. September, S. 558.

[4]) Revue de Métallurgie 1909, Dezember, S. 1260.

[5]) Nach Gieß.-Zeitg. 1913, 15. Februar, S. 111.

hälter B in den mit der Pumpe P Luft gepreßt wird. Das Rohr R mit der Sandprobe — wie diese eingefüllt wird, gibt die Quelle nicht an — ist wagerecht am Behälter befestigt, ein Manometer Ma und ein Thermometer T dienen zur Feststellung des Druckes und etwaiger Wärmeschwankungen. Die Probe erfolgt bei sinkendem Drucke, das Schaubild, Abb. 40, zeigt ihren Verlauf bei Untersuchung einiger bekannter deutscher Formsande.

Abb. 39. Meßvorrichtung nach F. A. Krog.

Alfred B. Scarle weicht von dem Steinitzschen und Le Chatelierschen Grundgedanken insofern ab, als er statt Luft Wasser durch die Probe fließen läßt[1]). Er benutzt Metallhülsen von 76 mm lichtem Durchmesser und 31,8 mm Höhe, deren Boden aus feinem Drahtgeflecht besteht, auf das eine dünne Schicht Löschpapier als Unterlage des einzustampfenden Sandes gelegt wird. Um den Bedingungen der handwerksgerechten Formerei genau zu entsprechen, d. h. um genau die gleiche Sandpressung wie in einer Form zu erhalten, wird die Probehülse in einer größeren Form mit eingestampft. Die gestampfte Sandschicht in der Hülse soll genau 25,4 mm hoch sein. Obenauf kommt eine zweite Schicht Löschpapier und ein Rohr, dessen unterer Flansch auf die Probehülse paßt und mit ihr fest verbunden wird. In das Rohr wird dann bis zu einer bestimmten Höhe Wasser gefüllt, und die Zeit, die 100 ccm davon zum Durchfließen des Sandkörpers brauchen, soll das Maß der Durchlässigkeit abgeben.

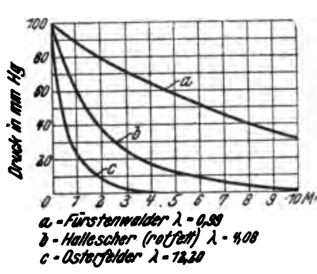


Abb. 40. Schaubild zur F. A. Krogschen Probe.

Das Verfahren bedeutet keineswegs eine Verbesserung der früheren Untersuchungsarten. Das Probegefäß hat zwar ausreichende Größe, die Absicht, die gleiche Sanddichtigkeit wie in einer Form zu erreichen, wird aber nicht erreicht. Das in die Wandung einer großen Form einzubettende Proberohr bietet dem fortschreitenden Aufstampfen ein Hindernis, das durch gleichmäßig fortgesetztes Stampfen nicht zu überwinden ist. Der Sand im Gefäße muß für sich gestampft und dann das Gefäß selbst durch äußeres Umstampfen im Sande in der großen Form befestigt werden. Die Wirkung ist also keine andere als beim Vollstampfen des Probegefäßes für sich, unabhängig von irgendeiner Form. Es hat zudem wenig Wert, der Probe den gleichen Verdichtungsgrad „wie in der Form“ zugrunde legen zu wollen, denn es

[1]) The Foundry Trade Journal 1912, Oktober, S. 613.

wird damit keine allgemein vergleichbare Grundlage gewonnen. Verschiedene Formsande und verschiedene Formen erfordern sehr verschiedene Pressungen, selbst bei gleichem Sande und in der gleichen Form ist die Pressung verschieden. Unmittelbar am Modell wird lockerer gestampft als in einiger Entfernung davon, und in beträchtlicherer Entfernung von der Form wird in einem Falle lockerer gestampft, um größere Durchlässigkeit zu erzielen und das Schwinden zu erleichtern, ein andermal wieder fester, um dem Sandkörper größeren Halt zu verleihen. Die gekünstelte Verdichtung im Proberohr ist demnach zum mindesten belanglos. Das Verfahren ist aber auch seinem Grundgedanken nach nicht geeignet, brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Das Wasser läßt den Sand nicht unverändert wie die durchströmende Luft es tut, und es kann ihn erst durchfließen, nachdem sich seine natürliche Porosität durch Vollsaugen mit Wasser wesentlich verändert hat. Das durchströmende Wasser verändert das Gefüge des Sandes und nimmt ihm seinen Halt, weshalb Scarle genötigt ist, ihn an der Wasserein- und -austrittsstelle durch Lagen von Löschpapier zu schützen.

Carl Buderus regte an, an Stelle der Luft Kohlenoxydgas durch die Sandprobe zu treiben[1]), zunächst mit einer Wärme von 15°, dann von 100°, 200°, 300° usw. bis 1200°. Der von ihm vorgeschlagene Versuchsapparat dürfte die Ausführung der Versuche wohl ermöglichen. Sie können aber nur für Sonderfälle Wert haben, eine Grundlage für allgemein brauchbare Vergleichswerte ist damit nicht zu gewinnen.

J. Shaw bleibt im Grundgedanken den Versuchen von Steinitzer und Le Chatelier treu und bietet zugleich wesentliche Verbesserungen. Er stellt zunächst einen Sandklotz von meßbarem Verdichtungsgrade her und geht dabei auf folgende Weise vor: In ein kernbüchsenartiges Gehäuse, das unten offen ist und auf einem glatten Brettchen aufliegt, wird der Versuchssand gesiebt, so daß er noch 25 mm über die Oberkante des Gehäuses reicht (Abb. 41).



Abb. 41.
Sandklotz zur Shawschen Probe.

Der aufgesiebte Sand wird mit einem Flachstampfer bis auf 6 mm über der Modellfläche niedergestampft, der überstehende Rest mit einem Lineal abgestrichen, ein genau passendes Preßplättchen von 12,5 mm Stärke auf die Form gelegt, das Ganze unter eine Kopierpresse gebracht und glatt zusammengedrückt. Da das Gehäuse 37,5 mm tief ist, erhält der Probeklotz eine Stärke von 25 mm, seine quadratische Grundfläche hat 50 mm Seitenlänge. Er wird nach dem Pressen aus der Form genommen und in ein metallenes Rähmchen oder

[1]) Gieß.-Zeitg., 1912, 1. November, S. 659.

Kästchen geschoben (Abb. 42), dessen Boden und Wände mit Tonbrei bestrichen wurden, um das Entweichen der Luft zwischen dem Sandklotz und den Wänden zu verhüten. Am Boden des Kästchens mündet ein Röhrchen von 6 mm lichter Weite, durch das die Preßluft auf den Sandklotz wirken kann. Auf den Sandklotz wird ein Deckplättchen gelegt, das Ganze gut verklammert und in einen Apparat zur Zuführung gleichmäßig gepreßter Luft eingeschaltet (Abb. 43). Shaw läßt 4,54 l (1 Gallon) Luft bei einem Drucke von 1200 mm WS durch die Probe strömen und bestimmt die dafür erforderliche Zeit. Die Versuche wurden mit verschieden befeuchteten Sanden ausgeführt und ergaben u. a., daß ein Zusatz von 10% Wasser die Durchlässigkeit in vielen Fällen um die Hälfte verminderte, d. h. ein solcher Wasserzusatz bewirkte unter sonst gleichen Umständen die doppelte Durchflußzeit [1]).

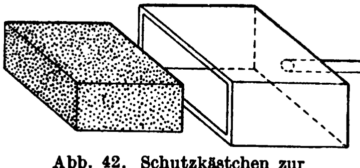


Abb. 42. Schutzkästchen zur Shawschen Probe.

Shaw glaubt mit der Bestimmung der Durchflußzeit bei gleichbleibendem Drucke auskommen zu können, während Holicky der Bewertung den Druck bei gleichbleibender Durchflußzeit zugrunde legen will. Umfassender ist die Ansicht P. K. Nielsens, der als allgemeine Grundlage für die Bewertung der Durchlässigkeit die gleichmäßige Berücksichtigung von Zeit, Druck und Volumen vorschlägt. Nielsen arbeitet mit einem Versuchsapparat eigenen Entwurfes (Abb. 44)[2]), der aus einer dünnen zylindrischen Glocke besteht, die infolge der Beschwerung durch die Ringe Q aufrecht schwimmt. Der Druck der eingeschlossenen Luft entspricht der Höhe h. In dem Maße, in dem die Luft durch die Sandprobe im Rohre R entweicht, sinkt die Glocke, wobei der Druck der eingeschlossenen Luft praktisch gleichbleibt. Eine Maßeinteilung an der Seite der Glocke ermöglicht das Ablesen der in der Zeiteinheit durch den Sand strömenden Luftmenge. Die Sandprobe wird lufttrocken gemacht, mit 7 Gewichtsprozenten Wasser angefeuchtet, gründlich gemischt, wiederholt gesiebt und so vorbereitet in gleich großen Mengen in das 20 mm weite Rohr gebracht, so daß jeder gepreßte Abschnitt eine Höhe von 20 mm einnimmt. Die einzelnen Mengen werden aber nicht wie bei Le Chatelier gemessen, sondern gewogen, was eine wesentlich vollkommenere Gleichmäßig-

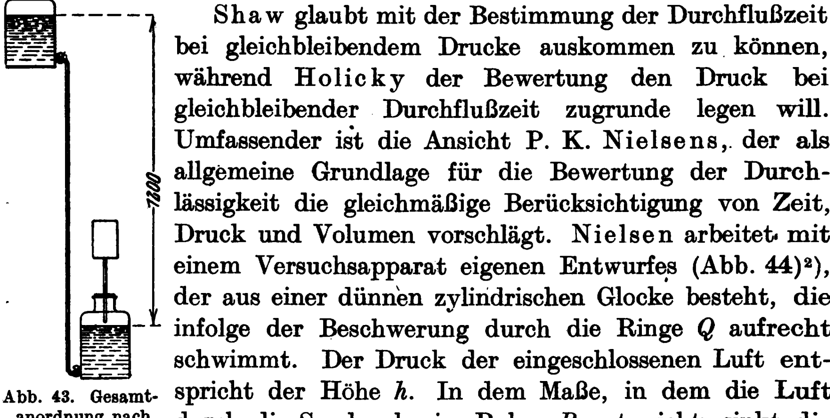


Abb. 43. Gesamtanordnung nach Shaw.

[1]) Eine genauere Beschreibung des Shawschen Verfahrens ist dem Foundry Trade Journal 1913, Juni, S. 344, zu entnehmen.

[2]) Nach P. K. Nielsen, Gieß.-Zeitg., 1913, 1. Februar, S. 80.

keit verbürgt. Die Pressung jeder Schicht erfolgt durch zweimaliges Fallenlassen eines 0,5 kg schweren Stampfers aus 100 mm Höhe. Der Grad jeder Pressung — Verdichtung des gewogenen Sandes auf 20 mm Höhe im Rohre — ist genau bestimmt, die Verdichtung der gesamten Füllung kann darum recht gleichmäßig ausfallen.

Nielsen hat festgestellt, daß beim Durchströmen einer Raumeinheit Luft das Produkt aus Zeit und Druck stets gleichbleibt. Bezeichnet man dieses Produkt mit c, die Zeit mit t und den Druck mit p, so gilt

$$t \cdot p = c .$$

Treibt man V Raumeinheiten Luft durch den Sand, so ist

$$c = \frac{t \cdot p}{V} .$$

Der Wert dieser Gleichung nimmt mit abnehmender Durchlässigkeit, d. h. mit steigendem Widerstande im Sande zu, deshalb kann an Stelle von c der Widerstand W eingesetzt werden. Da der Widerstand aber gleich dem umgekehrten Werte des Gasdurchlässigkeitskoeffizienten λ ist, so muß auch die Gleichung

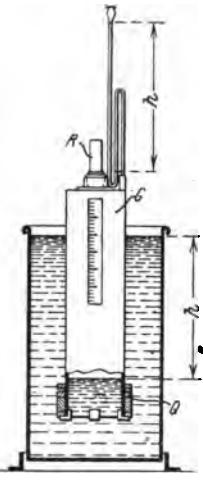


Abb. 44. Apparat nach P. K. Nielsen.

$$\lambda = \frac{V}{t \cdot p}$$

gelten. Um einfache Zahlen zu erreichen, setzt Nielsen V in Litern, t in Minuten und p in Atmosphären ein. Der Wert λ für die Gasdurchlässigkeit ist demnach eine Zahl, die angibt, wieviel Liter Luft bei 760 mm Barometerstand und 15° C durch die Normalprobe Sand bei einer Atmosphäre Überdruck in der Minute durchströmen. Das ist eine gut brauchbare Bestimmung, mit der allgemein bequem gerechnet werden kann. Die Formel $\lambda = \frac{V}{t \cdot p}$ hat sich nach den Nielsenschen Versuchen bei Drucken von 5—400 cm WS gleich gut bewährt.

Shaw wie Nielsen sind mit ihren Verfahren ein gut Stück vorangekommen; das vollkommenste Ergebnis wird aber eine leicht auszuführende Vereinigung beider Verfahren liefern. Man braucht nur die genau abgewogene Sandprobe unter einer Presse auf ein bestimmtes Maß zu verdichten. Die Verdichtung kann in der Versuchsbüchse erfolgen, die durch einen Doppelboden zu verbessern wäre, dessen innerer Teil aus einem feinen Drahtsieb, Abb. 45, zu bestehen hätte. Dadurch wird die Angriffsfläche der Druckluft am Probestück vergrößert und gleichmäßiges Durchströmen der Luft durch die ganze Masse der Probe gewährleistet. Um zu verhüten, daß ein Teil der Luft zwischen dem

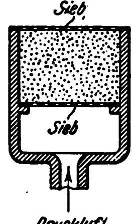


Abb. 45. Versuchsbüchse mit Doppelboden.

Sande und den Wänden der Büchse entweicht, könnte im Innern des Kästchens unterhalb des Siebes ein Flansch von etwa 2 mm Breite angeordnet werden. Diese Gefahr wird zudem auf ein praktisch belangloses Maß vermindert, wenn der Sand unmittelbar in die Versuchsbüchse gepreßt wird.

Bildsamkeit und Festigkeit.

Die Bildsamkeit und Festigkeit eines Formsandes hängt von der Höhe seines Tongehaltes, der Art und Reinheit desselben sowie von der Form und Größe der einzelnen Sandkörner ab. Je höher und reiner der Tongehalt, desto bildsamer und fester wird unter sonst gleichen Umständen der Sand. Formsande mit glatten runden Körnern sind weniger bildsam als solche mit rauhen, zackigen und unregelmäßig geformten Sandteilchen. Die Bildsamkeit wächst mit der Ungleichmäßigkeit der Korngrößen; ein Formsand mit durchaus gleicher Korngröße hat die geringste Bildsamkeit. Von großem Einflusse ist ferner der Wassergehalt und die gleichmäßige Mischung des Sandes. Jeder Sand gewinnt seine größte Bildsamkeit bei einem genau bestimmten Wassergehalte, der günstigste Wassergehalt liegt bei tonreicheren Sanden höher als bei mageren. Gepreßter Formsand verliert durch Trocknen seine Bildsamkeit, gewinnt aber zugleich an Festigkeit. Sehr stark tonhaltige Formsande (Kernlehm) lassen sich bei Glühhitze steinhart brennen, die überwiegende Zahl aller zu Formen verdichteten Formsande verliert aber schon bei anhaltender Erwärmung auf wesentlich niedrigere Wärmegrade völlig alle Festigkeit.

Die Untersuchungen zur Beurteilung und Bewertung der Bildsamkeit und Festigkeit bestehen wiederum in mittelbaren und unmittelbaren. Zu den ersteren zählen alle chemischen Untersuchungen (S. 44 u. f.) sowie die Bestimmungen der Korngröße, zu den letzteren eine Reihe von Verfahren, nach denen die Proben Druck-, Zug- und Biegungsbeanspruchungen unterworfen werden.

Die unmittelbaren Proben sind recht mannigfaltig. A. B. Scarle prüft die Druckfestigkeit, indem er unter Vorkehrungen, die eine gleichmäßige Verdichtung des Sandes gewährleisten, Sandwürfel von 50 mm Seitenlänge formt, sie unter ein zylindrisches Aluminiumgefäß von breiter Grundfläche stellt und so lange Wasser oder Quecksilber in das Gefäß gießt, bis der Würfel zerdrückt wird[1]).

Outerbridge formt Prismen und schiebt sie langsam über eine Kante vor. Die Länge des Prismas, das sich verschieben läßt, ehe der Bruch eintritt, gibt einen Maßstab für die Bildsamkeit und Festigkeit des Formsandes[2]).

[1]) The Foundry Trade Journal 1912, Oktober, S. 614.
[2]) Stahl und Eisen 1908, 15. Februar, S. 199.



J. **Shaw** formt Sandprismen nach seinem bei Besprechung der Durchlässigkeitsproben erörterten Verfahren (S. 36), gibt ihnen eine Länge von etwa 112 und einen Querschnitt von 25 × 25 mm, bringt jedes Prisma auf einen Doppelbock mit scharfen Auflagekanten, Abb. 46, legt einen Druckbügel aus Magnesium darüber, an dem ein Gefäß aus Aluminium hängt, und füllt Schrott in das Gefäß, bis das Prisma bricht. Er hat gefunden, daß im allgemeinen grober Sand mit 5% und feiner Sand mit $7^1/_2$—10% Feuchtigkeit die größte Festigkeit besitzen.

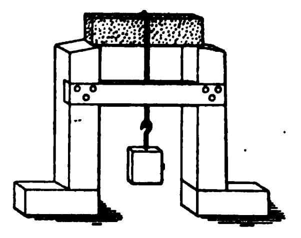


Abb. 46. Festigkeitsprobe nach **Shaw**.

Abb. 47 zeigt das Schema eines von **Shaw** zusammengestellten Apparates zur Bestimmung der **Druckfestigkeit**. Die Sandklötze sind 62 mm hoch bei einem Querschnitte von 25 × 25 mm. Viele der getrockneten Versuchsklötze zeigten überraschend hohe Festigkeiten. Ein Klotz brach erst bei 25, ein anderer bei 30 kg Belastung zusammen.

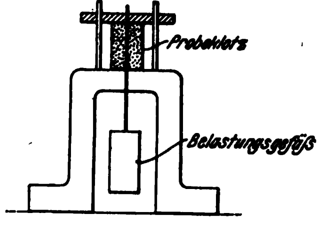


Abb. 47. Druckfestigkeitsprobe nach **Shaw**.

P. K. **Nielsen** baute einen Zugfestigkeitsprüfer, der in Abb. 48 wiedergegeben ist, während Abb. 49 seine Einrichtung zum gleichmäßigen Stampfen der Proben erkennen läßt. Um dem oberen und unteren Rande des Probekörpers Halt zu geben, werden zwei Aluminiumringe mit eingestampft, die mit Löchern zur Anbringung der Zughaken versehen sind, wodurch zugleich ein genau zentrales Anziehen während der Probe verbürgt wird. In das Rohr der Kernbüchse werden 50 g gründlich durchgesiebten Formsandes, der einen Wassergehalt von 7% hat, gefüllt, der Sand durch 5 Stöße des 0,5 kg schweren Hammers verdichtet, die Kernbüchse gewendet und die zweite Hälfte des Probeklotzes auf dieselbe Weise hergestellt. Die fertige Probe gelangt dann in die Zerreißmaschine, um durch allmähliches Verschieben des Laufgewichtes abgerissen zu werden. Ein großer Vorzug der **Nielsen**schen Maschine liegt in der Möglichkeit, die Belastung durchaus stoßfrei auszuführen.

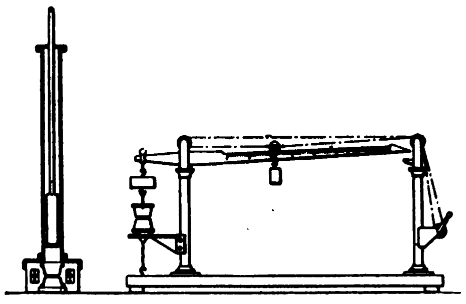


Abb. 48 und 49. Stampfvorrichtung und Zugfestigkeitsprüfmaschine nach **Nielsen**.

Sie ist darum besonders gut für Proben mit nassen Kernen geeignet, die schon bei sehr geringen Belastungen abreißen.

Die folgende Zahlentafel[1]) zeigt die Ergebnisse einer Reihe nach dem Nielsenschen Verfahren durchgeführter Zerreißproben.

Nr.	Herkunft	Durchlässigkeit λ *)	Zugfestigkeit g/qcm	Bemerkungen
1	Bottroper, grüngelb	9,81	190	Lager unten
2	„ rotgelb	15,40	354	„Halbfett“
3	„ rot	12,25	308	Lager über Nr. 1
4	Osterfelder, gelb	14,02	432	Aus höherer Lage
5	„ rot	10,50	245	Stark eisenoxydhaltig
6	„ gelbgrün	11,53	318	Aus oberster Lage
7	Englischer, fett, gelb	8,34	397	Sehr gleichmäßiges Korn
8	„ fein, gelb	2,66	180	—
9	Ellricher, rot	15,40	153	Abgerundetes Korn
10	Kaiserslauterer, rot	9,46	91	Abgerundetes Korn
11	Ratinger, mager, gelb	11,50	25	Mit wenig Glimmer
12	Halberstädter, gelb	7,36	46	Für Zahnräder
13	„ gelb	5,80	74	Für Formmaschinen
14	Haderslebener, gelb	5,82	121	Sehr ungleichmäßiges Korn
15	Hallescher, gelb	1,96	35	Mit Glimmer
16	„ rotfett	4,08	—	Aus einer Grube in Beidersee bei Halle
17	„ gelbfett	6,80	—	
18	„ graufett	1,30	—	
19	„ gelbmager	14,70	—	
20	Dörentropener, Nr. 2, rotgelb	6,22	225	Ungleichmäßiges Korn
21	„ „ 3, rotgelb	0,46	220	Sehr fein, für Kunstguß
22	Fürstenwalder, grau	0,68	45	Mit Glimmer, sehr fein
23	„ halbweiß, mager	2,66	—	Mit Glimmer, sehr fein
24	Witkowitzer, gelb	0,63	162	Für Kunstguß, sehr fein
25	Modellsand von Esch & Stein in Duisburg	8,04	228	Für Trocken- u. Naßguß
26	Modellsand von Niederrheinische Hütte	4,56	134	Für Naßguß

*) λ ist eine Zahl, die angibt, wieviel Liter Luft bei 760 mm Barometerstand und 15° Wärme durch eine Normalprobe Sand bei 1 Atm. Überdruck in der Minute strömen.

Henry M. Lane fertigte in Kernbüchsen nach Abb. 50,[2]) Kerne an, die getrocknet und nach Abb. 51 auf einer Wadsworthschen Kernprüfmaschine, Abb. 52[3]), zerrissen wurden. Der Bruch konnte dabei

[1]) Nr. 1 bis 24 nach Gieß.-Zeitg. 1913, 15. Februar, S. 110, Nr. 25 und 26 nach privaten Nachrichten.

[2]) Nach Journal of the American Society of Mechanical Engineers 1911, S. 1201, und Stahl und Eisen 1913, 25. Januar, S. 1911/12.

[3]) Transactions of the American Foundrymens' Association 1913 und Stahl und Eisen 1914, S. 372/3.

nur an der schwächsten Stelle erfolgen, die genau 645 qmm groß war. Die Maschine arbeitet mit einfacher Hebelübersetzung, wobei das Belastungsgewicht in Form von Schrotkörnern aus dem Trichter *T* durch eine Öffnung *E* in das Belastungsgefäß fließt, das am freien Ende des Hebelarmes hängt. Nach dem Bruche wird die Öffnung *E* durch einen niederfallenden Hebel selbsttätig geschlossen. Eine kleine Federwage an der rechten Seite der Maschine ermöglicht es, die Bruchlast sofort zu bestimmen.



Abb. 50. Kernbüchse für Probekörper nach Henry M. Lane.

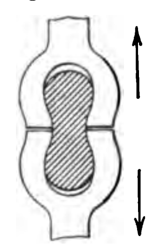


Abb. 51. Schematische Darstellung des Zerreißens eines Probekörpers nach Henry M. Lane.

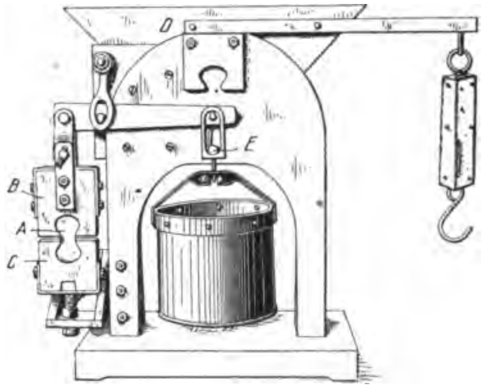


Abb. 52. Wadsworthsche Kernprüfmaschine.



Mittelbare Untersuchung durch Bestimmung der Korngröße.

Da sowohl die Feuerbeständigkeit, als auch die Porosität, die Durchlässigkeit und die Bildsamkeit, in geringerem Grade selbst die Festigkeit mehr oder weniger von der Korngröße und dem Verhältnisse der Korngrößen untereinander in einer Sandprobe abhängig sind, bildet die Bestimmung der Korngröße eines der wesentlichsten Hilfsmittel zur Beurteilung von Formsanden.

Mit Hilfe eines Mikroskopes von etwa hundertfacher linearer Vergrößerung läßt sich die Form der Sandkörner in Formsanden genau genug erkennen und zugleich ein beiläufiges Bild der Korngröße und der verhältnismäßigen Mengen der verschiedenen Körnungen gewinnen. Das Mikroskop reicht aber nicht aus, um eine einigermaßen genaue Kenntnis dieser Faktoren zu vermitteln. Ihre genaue Ermittlung erfordert weitergehende Vorkehrungen und kann auf trockenem oder nassem Wege oder auch teils trocken und teils naß erfolgen.

Beim trockenen Verfahren wird die Sandprobe bis zur völligen Austreibung aller Feuchtigkeit auf 100° erhitzt, in einer großen Reibschale mit einem Kautschukklöppel vorsichtig durchgeknetet, um die Körner voneinander zu trennen, ohne sie zu zerdrücken, und dann in

einen mechanischen Rüttelsiebapparat gebracht, wo sie durch eine Reihe allmählich feiner werdender Siebe nach ihren Größenbestandteilen zerteilt wird. In England verwendet man Siebe von je 10, 25, 50, 100 und 200 Maschen auf den englischen Zoll, in Deutschland Siebe mit Maschenweiten von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 1,0 und 2,0 mm.

Der durch jedes Sieb zurückgehaltene Rückstand wird gewogen und der Gewichtsanteil jeder Korngröße durch Rechnung ermittelt. Eine einfache Zusammenstellung der so gewonnenen Zahlen läßt nicht ohne weiteres Vergleiche zwischen dem Feinheitsgrade verschiedener Sandsorten zu. Gute Vergleichszahlen liefern erst die nach den Vorschlägen von Jakson-Purdy berechneten Oberflächenfaktoren.

Unter Oberflächenfaktor wird der umgekehrte Wert des mittleren Durchmessers der einzelnen Korngrößen verstanden, z. B. für die Korngröße von 0,12 mm der Wert $\frac{1}{0,12} = 8,3$, für Korngröße 0,2 mm der Wert $\frac{1}{0,2} = 5$ usw. Die so berechneten Faktoren werden mit den Gewichtsprozentzahlen der verschiedenen Korngrößen multipliziert, worauf die Summe der Produkte den Gesamtoberflächenfaktor ergibt. Folgendes Beispiel wird die Berechnung eines Gesamtoberflächenfaktors klarmachen. Durch Ermittlung der Korngrößen von Halberstädter Formsand wurden folgende Werte festgestellt:

1.	Körner größer als 1,0 mm	1,0%
2.	„ von 0,5 mm bis 1,0 mm .	6,2%
3.	„ „ 0,2 „ „ 0,5 „ .	9,4%
4.	„ „ 0,1 „ „ 0,2 „ .	31,3%
5.	„ „ 0,05 „ „ 0,1 „ .	35,5%
6.	„ „ 0,01 „ „ 0,05 „ .	9,2%
7.	„ unter 0,01 „	7,4%

Der umgekehrte Wert des mittleren Durchmessers für Körnung 1 ist gleich 1 (vorausgesetzt, daß wesentlich über 1 mm hinausgehende Körner nicht vorhanden waren; würde das Gegenteil der Fall gewesen sein, so hätten die größeren Körner durch ein weitmaschigeres Sieb ausgeschieden und für sich bestimmt werden müssen); für Körnung Nr. 2, die einen mittleren Durchmesser von $\frac{0,5 + 1,0}{2} = 0,75$ mm hat, $\frac{1}{0,75} = 1,3$, für Nr. 3 = 2,8, für Nr. 4 = 6,6, für Nr. 5 = 13,3, für Nr. 6 = 33,3 und für Nr. 7, unter der Annahme, die mittlere Körnung dieser Sorte betrage etwa 0,005 mm $\frac{1}{0,005} = 200$. Der Gesamtoberflächenfaktor beträgt demnach

$$1,0 \cdot 1 + 6,2 \cdot 1,3 + 9,4 \cdot 2,8 + 31,3 \cdot 6,6 + 35,5 \cdot 13,3 + 9,2 \cdot 33,3 + 7,4 \cdot 200 = 2500\,.$$

Während englische und amerikanische Fachleute sich ziemlich regelmäßig des Oberflächenfaktors zum Ausdrucke des Feinheitsgrades von Formsanden bedienen [1]), konnte er in Deutschland noch nicht Fuß fassen, trotzdem die rationelle Analyse, die Angabe der Korngröße und der Oberflächenfaktor die drei Faktoren sind, die zusammen unzweifelhaft jeden Formsand zutreffend kennzeichnen.

Eine wesentliche Schwäche des trockenen Siebverfahrens liegt darin, daß die ermittelte Korngröße meistens größer als in Wirklichkeit ist, weil die Körnchen gewöhnlich mit etwas Lehm umhüllt sind. Diese Ungenauigkeit wird durch das nasse Siebverfahren vermieden. Eine Sandprobe wird in reichlich überschüssiges Wasser getan, eine halbe Stunde lang durch irgendeine mechanische Vorrichtung mit dem Wasser geschüttelt und dann durch eine Reihe von Sieben gewaschen. Vor Beendigung des Verfahrens wird jedes Sieb mit einem kräftigen Wasserstrahl durchgespült, um die letzten noch durchgangsfähigen Teile in die nächste Abteilung zu treiben, worauf man den Inhalt eines jeden Siebes trocknet und wiegt.

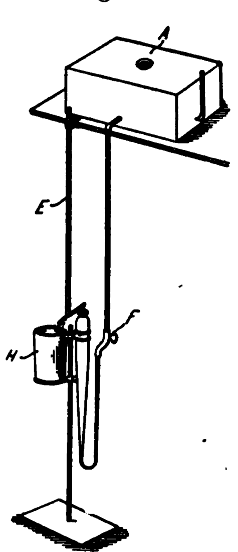


Abb. 53. Schematische Darstellung des Schöneschen Schlämmverfahrens.

Zur Sortierung der feinsten Körnungen, etwa von 0,2 mm abwärts, reichen aber beide Verfahren nicht aus, weil die Herstellung entsprechend genauer Siebe zu große Schwierigkeiten bietet. Man muß sich dann des Schöneschen Schlämmverfahrens [2]) bedienen. Es beruht auf der Tatsache, daß durch bestimmte Wasserstromgeschwindigkeiten Sand bis zu bestimmter Größe schwebend erhalten und mitgerissen wird. Abb. 53 zeigt das Schema eines solchen Apparates. Der gewogene Sand kommt in das konische Glasgefäß. Die Stromstärke wird im graduierten Rohr *E* gemessen. Der Ausfluß besteht aus einer kleinen Öffnung von 1,5 mm Durchmesser im unteren Schenkel des Rohres *E*. Der Behälter *A* enthält etwa 10 l Wasser, dessen Ausfluß durch den Hahn *F* geregelt wird. Beim allmählichen Öffnen des Hahnes wird infolge des wachsenden Druckes das Wasser bald nicht mehr unge-

[1]) Scarle, The Foundry Trade Journal 1912, Oktober, S. 613; Shaw und Mather, dieselbe Quelle, 1913, Juni, S. 343.

[2]) Das Schönesche Verfahren dürfte das vollkommenste, bisher entwickelte Schlämmverfahren sein. Es bildet die Vervollkommnung einer Reihe bis zu seinem Bekanntwerden geübter, mangelhafter Schlämmverfahren, von denen insbesondere diejenigen von Schulze, Nöbel, Bennigsen-Förder, Dietrich und Müller zu nennen sind. (Nach Bruno Kerl, Handbuch der Tonwarenindustrie, Braunschweig, 1907, 3. Auflage, S. 78/9.)

hindert durch die kleine Öffnung im Rohre *E* abfließen können und dann im senkrechten Schenkel hochsteigen. Der Druck der Wassersäule, die im Rohre *E* anwächst, beschleunigt den Auslauf und damit die gesamte Durchflußgeschwindigkeit. Das Instrument ist kalibriert, und der mit der Wassergeschwindigkeit übereinstimmende Druck kann an der Skala der Röhre *E* abgelesen werden. Der bei jeder eingestellten Geschwindigkeit mitgerissene Sand wird im Gefäße gesammelt, danach getrocknet und gewogen. Bei 0,2 mm/sek. Stromgeschwindigkeit werden Sandkörnchen unter 0,01 mm Größe mitgenommen, bei 2 mm Körner von 0,05—0,01, bei 7 mm solche von 0,1—0,05 und bei 25 mm solche von 0,1—0,2 mm Größe.

Bei gemischter, nasser und trockener Körnungsbestimmung empfiehlt es sich, falls der Oberflächenfaktor ermittelt werden soll, ihn in zwei Werten, einen für die grobe, trocken ermittelte Körnung und einen für die feine, naß ermittelte Körnung zu berechnen.

Die chemische Untersuchung.

Bei der Ausführung chemischer Analysen wurde ursprünglich nicht von den richtigen Gesichtspunkten ausgegangen, die für eine zutreffende Bewertung der Untersuchungsergebnisse maßgebend sind. Man begnügte sich damit, den Gehalt an Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Kalk zu bestimmen und den unbestimmten Rest als „Alkalien" zusammenzufassen und in Rechnung zu stellen. Solche Analysen hatten kaum einen Nutzen. Der Gießereipraktiker konnte damit gar nichts anfangen, ebensowenig gaben sie dem „Sandsucher" oder „Sandmischer" brauchbare Handhaben. Aber auch vollständige Analysen, die alle Elemente, Säuren und Basen genau bestimmen, sind für sich allein nicht ausreichend, dem Gießereimanne zu genügen. Die beiden Grundbestandteile Kieselsäure und Aluminiumoxyd (Ton) treten in den Formstoffen in verschiedenen Verbindungen auf, die für ihre Bewertung von entscheidender Bedeutung sind. Der Hauptteil der Kieselsäure ist als Kieselsäureanhydrid (SiO_2) im Quarz enthalten, ein kleinerer Teil steckt in dem Tonerdesilikat $Al_2O_3 . SiO_2 . 2 H_2O$, das den wesentlich wirksamen Bindestoff des gesamten Tongehaltes bildet, und ein dritter Teil ist in den Feldspat- und anderen Mineralien gebunden. Der Aluminiumgehalt des Feldspats hat keinerlei bindende Kraft und der Siliziumgehalt dieses in irgendeiner Form fast in jedem Formstoffe auftretenden Gesteines nicht die Wirkung auf Feuerbeständigkeit wie das Silizium im Quarze. Eine Beurteilung der Feuerbeständigkeit allein auf Grund des Kieselsäure- und Tongehaltes muß darum zu Irrtümern führen. Die chemische Endanalyse, wie in der Tonindustrie die vollständige Zerlegung in die Grundstoffe genannt wird, hat nur dann Wert, wenn sie durch eine rationelle Analyse (S. 47) ergänzt

wird. Die gebräuchlichen Bestimmungen erstrecken sich auf die Gehalte an Kieselsäure (SiO_2), Eisenoxyd (Fe_2O_3), Tonerde (Al_2O_3), Kalk (CaO), Magnesia (MgO), Alkalien (Ka_2O und Na_2O), Schwefelsäure (SO_3) und Kohlensäure (CO_2).

Die Endanalyse.

Kieselsäurebestimmung. Feinstes Pulvern der Probe — Kochen in Becherglas durch mindestens zwei Stunden — Trocknen bei 110 bis 120° — 1 g der getrockneten und abgekühlten Substanz mit der fünffachen Menge von Natronkali innig mischen und über einem Bunsenbrenner erhitzen, bis keine Kohlensäure mehr entweicht — Lösen der Schmelze in Wasser und Zusatz von Salzsäure, bis Kohlensäureentwicklung aufhört und die Lösung ruhig und klar geworden ist — Eindampfen der Lösung am Wasserbade bis zur Trocknung und Erhitzen des Rückstandes im Trockenkasten bei 150°, bis der Geruch nach Salzsäure verschwunden ist — Übergießen der trockenen Masse mit konzentrierter Salzsäure — nach zweistündigem Abstehen Verdünnen mit heißem Wasser, kurzes Erwärmen auf dem Wasserbade, Abfiltrieren der Kieselsäure, Waschen mit heißem Wasser — wiederholte Befeuchtung mit Salzsäure und Nachwaschen mit heißem Wasser — Kieselsäure mit nassem Filter in Platintiegel verkohlen, stark erhitzen, bis Asche weiß wird, auf dem Gebläse bis zur Gewichtsunveränderlichkeit glühen und nach dem Wiegen als SiO_2 (+ Titansäure) berechnen — die so ermittelte Kieselsäure enthält noch Ton (Al_2O_3), mitunter auch Titansäure (TiO_2), die bestimmt werden durch Übergießen des Glührückstandes im Platintiegel mit etwas konzentrierter Schwefelsäure und Beifügung einiger Tropfen Flußsäure — Verdampfen, Glühen, Wiegen, Berechnen — bei Anwesenheit von Titan läuft Tiegel blau an, ist das nicht der Fall, so wird Rückstand als Tonerde berechnet — die gefundene Tonerde (+ Titansäure) von der oben ermittelten Kieselsäure abgezogen, ergibt den genauen Wert des Kieselsäuregehaltes.

Eisenoxyd- und Tonerdebestimmung. Verdünnen des Filtrates nach der Kieselsäure auf 500 ccm — 200 ccm davon durch Kochen mit Salpetersäure oxydieren — heißes Fällen der Tonerde + Eisenoxyd durch Zusatz von Ammoniak in ganz geringem Überschusse — filtrieren — Lösen des Niederschlages in Salzsäure und wiederholte Fällung mit Ammoniak — Filtrieren, Waschen mit heißem Wasser — Verbrennen des Niederschlages mit dem nassen Filter, Glühen bis zur Gewichtsunveränderlichkeit — Rückstand $= Al_2O_3 + Fe_2O_3$ — Durchtränken mit Schwefelsäure und Flußsäure — langsames Erwärmen bis zum scharfen Glühen über dem Gebläse — Wiegen — Gewichtsunterschied rührt von etwa noch vorhandenen Kieselsäurespuren her, die sich nun verflüchtigt haben — Endgewicht gibt genau $Al_2O_3 + Fe_2O_3$.

Nun wird das Eisenoxyd (Fe_2O_3) für sich bestimmt, das erhaltene Gewicht vom Gewichte der $Al_2O_3 + Fe_2O_3$-Menge abgezogen und so mittelbar das Gewicht der Tonerde festgestellt.

Ansäuern von 200 ccm des auf 500 ccm verdünnten Filtrates nach der Kieselsäure mit konzentrierter Schwefelsäure — Eindampfen am Wasserbade bis zum völligen Schwinden des Salzsäuregeruches — Reduktion des Eisenoxyds zu Eisenoxydul im Erlenmeyerkolben durch Zink und etwas Platin — Titrieren des Eisenoxyduls mit einer Lösung von übermangansaurem Kali, die je Kubikzentimeter etwa 1 mg Eisenoxyd angibt — Berechnen des Tonerdegehaltes (s. o.)[1]).

Kalk- und Magnesiabestimmung. Eindampfen des Filtrates nach dem Eisenoxyd-Tonerdeniederschlag in einer Platinschale — Zusatz von etwas Ammoniak und heiße Fällung des Kalkes mit oxalsaurem Ammon — nach genügendem Absitzen filtrieren, waschen mit heißem Wasser — Verbrennen des feuchten Niederschlages mit dem Filter im Platintiegel — starkes Glühen bis zur Gewichtsunveränderlichkeit — Wiegen des CaO.

Eindampfen des Filtrates nach der Kalkfällung — Zusatz von 33 Volumprozenten Ammoniakflüssigkeit — Fällen der Magnesia mit phosphorsaurem Natron als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia — Abstehenlassen durch 48 Stunden — Filtrieren, Waschen mit verdünnter (1 : 3) Ammoniakflüssigkeit — Glühen im Porzellantiegel — Wiegen als pyrophosphorsaure Magnesia ($M_2P_2O_7$) und Berechnen der reinen Magnesia (MgO).

Bestimmung der Alkalien. Anfeuchten von 5 g der Urprobe in einer Platinschale mit 10 ccm Salzsäure und 20 ccm reiner Flußsäure — gutes Durchrühren, abstehen lassen durch 6 Stunden — Zusatz von 4 ccm konzentrierter Schwefelsäure — Eindampfen am Wasserbade (in der Platinschale) zur Vertreibung der Schwefelsäure — nach dem Erkalten Zusatz von 10 ccm Salzsäure, gelindes Erwärmen der Lösung — Verdünnen mit Wasser — Zusatz von 20 ccm Ammoniak und Fällen in mäßiger Siedehitze mit 1 g fester, kristallisierter Oxalsäure — Spülen des Niederschlages und der Lösung in einem Literkolben mit angeblasenem Hahne — nach dem völligen Absitzen des Niederschlages Filtrieren von 500 ccm der klaren Lösung durch ein trockenes Filter — Eindampfen in Platinschale am Wasserbade — Trocknen der Salze durch eine halbe Stunde im Luftbade bei 120—150°

---

[1]) Das Eisen kann auch nach dem jodometrischen Verfahren (Handbuch der Tonwarenindustrie von Bruno Kerl, 3. Auflage, S. 68) bestimmt werden. Über eine unmittelbare Bestimmung der Tonerde nach dem volumetrischen Verfahren von Gatenby berichtet die Tonindustrie-Zeitung 1887, S. 329. Eine andere Trennung nach Marchal und Wiernik mit frisch gefälltem Mangansuperoxyd wird in der gleichen Zeitschrift 1891, S. 695, dargelegt.



— stärkeres Erhitzen und nachfolgendes schwaches Glühen zur Vertreibung der Ammonsalze — Spülen der Wandungen der Schale mit 20 ccm Wasser — Eindampfen auf etwa 5 ccm — Zusatz von 1 g in Wasser aufgeschlämmtem Quecksilberoxyd und Eindampfen zur Trockne — Verjagen des Quecksilberoxydes durch Glühen — mit Wasser auflösen — durch kleines Filter in kleine Platinschale filtrieren — Eindampfen — schwach Glühen — Rückstand in Wasser lösen — Filtrieren in kleine gewogene Platinschale — Verdampfen des Wassers — schwaches Glühen — Wiegen der Alkalien als Sulfate — Berechnen des Alkaligehaltes.

Trennung der Alkalien. Lösen der schwefelsauren Alkalien (Sulfate) in verdünnter Salzsäure — Zusatz von so viel Platinchloridlösung, daß alle Alkalien in Platinchlorid-Chloralkalien umgesetzt werden — Eindampfen in Platinschale bis nahe zur Trockne, wobei sich Kaliumplatinchlorid abscheidet — Zusatz von 3 Teilen Alkohol und 1 Teil Äther, worin sich das Natriumplatinchlorid löst — Filtrieren und Waschen mit Alkoholäthermischung — Niederschlag mit Filter im Roseschen Tiegel im Wasserstrom schwach glühen — unter Abscheidung von Platin entsteht Chlorkalium, das mit Wasser ausgelaugt wird — Wiegen des zurückbleibenden Platins, aus dessen Gewicht die Menge des entsprechenden schwefelsauren Kalis berechnet wird — das Gesamtgewicht der schwefelsauren Alkalien weniger dem berechneten Gewichte des schwefelsauren Kalis gibt das Gewicht des schwefelsauren Natrons, worauf Kali und Natron leicht zu berechnen sind.

Die Bestimmung der Schwefelsäure erfolgt nach dem allgemeinüblichen analytischen Verfahren durch Fällung mit Chlorbarium, ebenso wird die Kohlensäure nach einem der gebräuchlichen Verfahren ermittelt.

Die rationelle Analyse.

Für die Bedürfnisse der Praxis ist im allgemeinen die rationelle Analyse nützlicher als die Endanalyse. Sie beruht auf einer Zerlegung der Probe durch Säuren in einem löslichen und unlöslichen Teil. Der Gehalt an freier Kieselsäure (das im Quarz vorhandene Silizium), an Feldspat und an bindender Tonsubstanz ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O$) wird festgestellt durch Behandlung der Probe mit Schwefelsäure, wodurch die Tonsubstanz unter Abscheidung von Kieselsäure zerlegt wird, während Quarz und Feldspat (Silikate) unzersetzt bleiben. Durch Kochen des Rückstandes mit Alkali oder Sodalösung löst sich die gefällte amorphe Kieselsäure auf, während Quarz und Feldspat ungelöst zurückbleiben.

Ausführung. Weiche etwa 5 g der bei 120° getrockneten Probe in einer Platinschale mit 200 ccm Wasser auf und koche, bis sich ein

zarter Schlamm bildet — setze nach dem Erkalten unter stetem Rühren 50 ccm konzentrierte Schwefelsäure zu und koche mit aufgelegtem Uhrglase bis zur Zersetzung des Tons in schwefelsaure Tonerde und Kieselsäurehydrat, was am starken Rauchen der Schwefelsäure zu erkennen ist — wasche die Hauptmenge der schwefelsauren Tonerde mit säurehaltigem Wasser aus und koche den Rückstand mit verdünnter Natronlauge aus, wodurch das Kieselsäurehydrat gelöst wird — filtriere, koche den Rückstand mit verdünnter Salzsäure, erhitze ihn nach dem Abgießen der klaren Flüssigkeit aufs neue mit Natronlauge — dekantiere und koche den Rückstand mit verdünnter Salzsäure — spritze den Rückstand vom Filter in die Schale.

Auf diese Weise wird die bei der Zersetzung der kieselsauren Tonerde freigewordene amorphe und hydratische Kieselsäure und Tonerde völlig gelöst, während die Kieselsäure im Quarz und der Feldspat ungelöst bleiben.

Trockne das Filter mit dem Niederschlage — glühe und wiege Feldspat + Quarz. Befeuchte die geglühte Masse mit Schwefelsäure und Flußsäure — dampfe am Wasserbade ein und rauche die Schwefelsäure bei mäßiger Temperatur ab — löse die schwefelsaure Tonerde in verdünnter Salzsäure und bestimme die Tonerde durch zweimaliges Fällen mit Ammoniak. Ein Gewichtsteil Tonerde entspricht 5,41 Gewichtsteilen Feldspat. Der Unterschied zwischen dem vorher ermittelten Gewichte von Feldspat + Quarz und dem nun gefundenen Feldspatgewichte gibt das Gewicht des Quarzes.

Die rationelle Analyse ist nicht absolut genau, ein geringer Teil des Aluminiums der Tonsubstanz kann ungelöst bleiben, während ein ebenso geringer Teil des im Feldspate enthaltenen Aluminiums in Lösung geht. Verschiedene Verbesserungen des ursprünglichen Verfahrens brachten zwar eine höhere Stufe der Genauigkeit, blieben aber insgesamt von der Wirklichkeit doch noch um Kleinigkeiten zurück. Einzelne Fachleute, z. B. Alfred B. Scarle, wollen darum die rationelle Analyse nicht gelten lassen, von den meisten wird sie aber mit Recht als ein wertvolles Mittel zur raschen und richtigen Beurteilung des Formsandes geschätzt; insbesondere haben sich zur rationellen Analyse — in Verbindung mit einer alle Werte einzeln berücksichtigenden Endanalyse bekannt: Professor Ries[1]), J. Shaw[2]) und E. H. Oehler[3]). Da die Genauigkeit der rationellen Analyse so groß ist, daß auch ihre vollkommene Berichtigung die Beurteilung des Formstoffes nicht im geringsten beeinflussen kann, wird man sich ruhig der immer mehr allgemein anerkannten Meinung der letztgenannten Fachleute anschließen können.

[1]) Foundry Trade Journal 1908, August, S. 467/70.
[2]) Foundry 1910, April, S. 87, und Foundry Trade Journal 1913, Juni, S. 341.
[3]) Foundry 1913, März, S. 108.

Oft vermag bei Formsanden oder -lehmen, die physikalisch einander fast gleich erscheinen und deren chemische Endanalyse sich nahezu deckt, erst die rationelle Analyse Aufschluß über die Ursachen ihrer grundverschiedenen praktischen Brauchbarkeit zu geben. Wie wenig Anhaltspunkte zur Beurteilung der wichtigsten Eigenschaften eines Formstoffes die chemische Endanalyse allein zu geben vermag, zeigt die folgende Zahlentafel nach einer Zusammenstellung von Professor Ries.

Formsand- und Lehmanalysen[1]).

	Nr. 1 %	Nr. 2 %	Nr. 3 %	Nr. 4 %
SiO_2	66,12	70,24	79,36	90,00
Al_2O_3	16,54	16,62	9,36	4,50
Fe_2O_3	4,46	3,94	3,18	1,44
CaO	0,40	0,08	0,44	0,10
MgO	0,22	0,09	0,27	0,10
K_2CO_3	2,67	1,41	2,19	Spur
Na_2CO_3	0,35	0,74	1,54	Spur
TiO_2	0,14	0,46	0,34	0,70
H_2O (gebunden)	4,90	4,16	2,02	3,04
Feuchtigkeit . .	4,15	2,42	0,74	—

Nr. 1 ist ein kiesiger, grobkörniger Sand, Nr. 2 ein besonders bildsamer Lehm, Nr. 3 ein bewährter Formsand für Plattenarbeit, demnach ein hervorragend luftiger Sand, während Nr. 4 ein für Formereizwecke ungeeigneter sandiger Lehm ist, der zur Herstellung von Ziegeln dient. Auf Grund der durch die Endanalyse ermittelten chemischen Zusammensetzung müßte man annehmen, der Sand Nr. 3 sei wesentlich plastischer als Nr. 4, denn er hat einen bedeutend niedrigeren Silizium- und zugleich mehr als den doppelten Aluminiumgehalt. Genau das Gegenteil ist aber der Fall, und die nackte Feststellung der Oxyde, Säuren und Basen lieferte nicht nur keine nutzbringenden Aufschlüsse, sondern wirkt hier geradezu irreführend. — Bei Formsanden von gleicher Brauchbarkeit und gleichem Herkommen kann dagegen auch die Endanalyse gute Anhaltspunkte geben, wie die Zusammenstellung in der nächsten Zahlentafel dartut[2]). (Siehe folgende Seite oben.)

Sowohl beim gelben wie beim roten Sande nimmt die Stärke, d. h. die von der eigentlichen Tonsubstanz abhängige Bindekraft, mit dem zunehmenden Kieselgehalt ab (beim gelben Sand hat die starke Sorte 80,50% SiO_2, die schwache 88,30%), während sie mit zunehmendem Tongehalt (die schwache Sorte des gelben Sandes hat nur 7,69% Al_2O_3, die starke dagegen 11%) wächst.

---

[1]) Nach Foundry Trade Journal 1908, August, S. 467/70.

[2]) Nach Foundry Trade Journal 1912, S. 40.

Analysen von Formsanden.

	Gelber Formsand aus Erith, Kent			Roter Formsand aus Warsop, Notts		
	Starker Sand %	Mittlerer Sand %	Schwacher Sand %	Starker Sand %	Mittlerer Sand %	Schwacher Sand %
SiO_2	80,50	83,10	88,30	78,70	84,90	85,30
Al_2O_3	11,00	9,80	7,69	7,57	6,03	5,56
Fe_2O_3	3,20	2,70	2,54	2,23	2,34	2,57
CaO	1,20	1,04	0,72	2,70	0,40	0,80
MgO	1,08	0,71	0,58	1,73	1,24	0,46
Glühverlust . .	2,38	2,03	0,92	5,05	1,84	1,62

Auch die durch rationelle Analyse ermittelten Werte können gründlich irreführen, wenn sie nicht durch weitere Proben ergänzt werden. Die folgende Zahlentafel zeigt die Ergebnisse der chemischen

Ergebnisse einer Formsandprüfung[1]).

Nr.	Analyse					Glühverlust	Beobachtungen beim		Wasseraufnahme nach dem Trocknen	Beobachtungen nach dem Glühen	Wasseraufnahme nach dem Glühen
	SiO_2 %	Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %	CaO %	MgO %		Formen	Trocknen			
1	75,03	3,15	13,35	Spur	0,83	4,75	Ziemlich feinkörnig. Gut bildsam. Etwas klebrig.	Risse, ohne sonst zu schwinden. Hart.	Rasch	Glasiert. Stark aufgebläht.	Keine Aufnahme
2	82,09	2,82	10,12	0,36	0,61	2,07	Gleichmäßig. Ziemlich feinkörnig. Mit viel Wasser gut bildsam. Etwas klebrig.	Keine Risse. Hart.	Rasch	Glasiert. Stark aufgebläht.	Sehr langsam
3	75,81	4,00	10,40	0,32	0,72	3,04	Feinkörnig. Mit viel Wasser gut bildsam. Weniger klebrig als Nr. 1.	Keine Risse. Hart.	Sehr rasch	Unverändert	Sehr rasch
4	83,67	2,19	7,36	0,25	0,35	1,53	Sehr feinkörnig. Sehr gleichmäßig. Gut bildsam mit ziemlich viel Wasser.	Keine Risse. Hart.	Sehr rasch	Unverändert	Sehr rasch

[1]) Nach Dr. A. Schmidt, Stahl und Eisen, 1914, S. 1430.

Untersuchung von vier Formsanden und ihr Verhalten während einer allgemeinen Wertungsprobe (S. 18). Nach dem chemischen Befunde wäre der Sand 1 dem Sande 3 infolge seines geringen Gehaltes an Kalk und Eisenoxyd vorzuziehen, Sand 2 hat eine günstigere chemische Zusammensetzung als Sand 3: Mehr Kieselsäure bei gleichem Tonerdegehalt, weniger Eisenoxyd und geringerem Glühverlust! Wie aber die Ergebnisse der Wertungsprobe zeigen, sind nur die Sande 3 und 4 praktisch verwendbar, denn nur sie bleiben noch nach dem Glühen wasseraufnahmefähig. Die Verwendung in der Formerei bestätigte den Prüfungsbefund. Sand 1 gab Veranlassung zu einer Reihe poriger Fehlgüsse, die vor der Untersuchung fast unerklärlich schienen, weil sie unter ganz geordneten Betriebsverhältnissen entstanden waren und das Eisen die denkbar günstigste Zusammensetzung hatte. Bei Verwendung des Sandes 3 blieben die Fehlgüsse sofort aus. Sand 4 würde wohl die besten Betriebsergebnisse geliefert haben, er stammte aber aus dem Auslande und konnte seines hohen Preises wegen für den regelmäßigen Betrieb nicht in Frage kommen.

Die Färbeprobe.

Die chemische Endanalyse und die rationelle Analyse können durch die Färbeprobe ergänzt werden. Sie beruht auf der Tatsache, daß die reine, bindende Tonsubstanz die Eigenschaft besitzt, Farbstoffe an sich zu ziehen, zu absorbieren, während der im Feldspat vorhandene Aluminiumgehalt die Farbe unbeeinflußt läßt.

Die Ausführung der Probe ist recht einfach: Man löst 0,75 g grünes Anilin in 250 ccm Wasser und schüttelt die Lösung durch 5 Minuten. Dann fügt man ihr 50 g der Formsand- oder Lehmprobe zu, schüttelt durch weitere 10 Minuten, gießt die Flüssigkeit samt der Probe in einen Stehkolben und läßt das Ganze über Nacht abstehen. Morgens vergleicht man die überstehende Flüssigkeit mit der Normallösung von 0,75 g Farbe in 250 ccm Wasser. Durch Verdünnung der Normallösung in einem Meßglase auf den Farbton der Probeflüssigkeit läßt sich der Gehalt an bindender Tonsubstanz ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O$) mit durchaus ausreichender Genauigkeit feststellen. Volle Genauigkeit gewährt freilich auch die Färbeprobe nicht, da nach Feststellungen aus jüngster Zeit auch manche Kieselformen die Eigenschaft haben sollen, Farbstoffe zu schlucken. So soll es fast reine Quarzsande mit weniger als 0,10% Tonerde geben, die infolge ihrer kolloidalen Silikatformen gute Bindekraft besitzen[1]). Es dürfte sich aber dabei nur um ganz seltene Vorkommen handeln, so daß man sich nach wie vor der Färbeprobe in der Praxis als eines ebenso einfachen wie zuverlässigen Hilfsmittels wird mit ruhigem Gewissen bedienen können.

[1]) Nach J. Shaw, Foundry Trade Journal, 1913, S. 345.

Nach den bis jetzt vorliegenden, deutschen, englischen und amerikanischen Formsandanalysen und Nachprüfungen im Gießereibetriebe soll ein guter Formsand enthalten:

75 bis 85% Gesamtkieselerde (SiO_2),
7 bis 10% Tonerde (Al_2O_3),
weniger als 2% Kalkerde (CaO),
weniger als 0,5% Alkalien (Na_2O,K_2O),
weniger als 6% Eisenoxyd (Fe_2O_3).

Der Gesamtgehalt an Flußmitteln (Eisenoxyd, Kalk und Alkalien) soll bei Sanden für geringere Beanspruchung (mittlerer und kleiner Grauguß) 7%, bei Sanden für hohe Beanspruchung (Stahlguß, großer, schwerer Grauguß) 5% nicht überschreiten.

Nach Field haben gute Formsande folgende Zusammensetzung:

Gute Formsande[1]).

	Scharfer Sand	Starker Sand
Rationelle Analyse:		
Quarz (freies SiO_2)	67,75	64,66
Ton ($Al_2O_3 + SiO_2 + 2 \cdot HO$) + Eisenoxyd ($Fe_2O_3$)	22,03	28,06
Ton ($Al_2O_3 + SiO_2 + 2 \cdot HO$) ohne „ ($Fe_2Q_3$)	17,50	24,50
Feldspat	10,12	7,28
Endanalyse.		
Kiesel (SiO_2)	80,66	77,22
Ton (Al_2O_3)	9,30	9,26
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	4,53	5,56

Deutsche Rohformsande.

Halberstädter Formsande[2]).

	Gewöhnlicher Sand %	Grüner Sand %
Rationelle Analyse:		
Quarz (SiO_2)	74,56	78,40
Feldspat (Orthoklas)	5,14	7,54
Tonsubstanz ($Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$)	7,09	7,02
Endanalyse:		
Kieselsäure (SiO_2)	81,80	86,70
Tonerde (Al_2O_3)	3,75	4,20
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	2,70	3,95
Kalkerde (CaO)	4,40	0,60
Bittererde (MgO)	0,80	0,90
Alkalien (Na_2O,K_2O)	1,20	1,30
Flüchtige Bestandteile (Glühverlust):		
Chemisch gebundenes Wasser	1,23	1,45
Kohlensäure (CO_2 frei durch Salzsäure)	3,86	0,75

[1]) Stahl und Eisen 1913, August, S. 1435.
[2]) Nach Holicky, Gieß.-Zeitg. 1912, S. 560.

Es fällt auf, daß die als gewöhnliche Sorte bezeichnete Probe mehr als das Doppelte des oben angegebenen Kalkhöchstgehaltes hat, während dieser Gehalt beim „grünen Sande“ (unter „grüner Sand“ ist hier eine grüngefärbte Art Halberstädter Formsandes zu verstehen, nicht etwa ein Sand für nasse, grüne Formen) auf 0,6% heruntergeht. Im allgemeinen ist ein Formsand mit 4% Kalk ganz gewiß nicht als gut zu bezeichnen. Ein so hoher Kalkgehalt geht nur bei sonst ausgezeichneten Eigenschaften, wie sie die Halberstädter Formsande unzweifelhaft besitzen, und bei der Verarbeitung zu Klein- und Feingußformen an. Für größere Formen ist solcher Sand immer gefährlich, wie denn auch Holicky auf die Verdünnung durch Beimischung von 50 bis 60% alten Formsandes ausdrücklich hinweist. Durch solche Verdünnung wird allerdings die kohlensäurebildende Wirkung des Gesamtkalkgehaltes abgeschwächt, um so mehr aber die Luftigkeit (Durchlässigkeit) des Formsandes infolge der porenverstopfenden Wirkung des toten Kalkes beeinträchtigt.

Die Ermittlung der Korngröße feinen Halberstädter Formsandes nach dem Schlämmverfahren ergab folgende, einem Gesamtoberflächenfaktor von 2500 [1]) entsprechende Werte [2]):

1.	Körner größer als 1,0 mm	1,0%
2.	„ von 0,5 mm bis 1,0 mm	6,2%
3.	„ „ 0,2 „ „ 0,5 „	9,4%
4.	„ „ 0,1 „ „ 0,2 „	31,3%
5.	„ „ 0,05 „ „ 0,1 „	35,5%
6.	„ „ 0,01 „ „ 0,05 „	9,2%
7.	„ unter 0,01 „	7,4%

Der Sand ist von außerordentlicher Feinheit — 83% seiner Bestandteile sind von Korngröße unter 0,2 mm! —, weshalb eine künstliche Zerkleinerung irgendeiner Art eher schädlich als nützlich sein würde. Sein spez. Gewicht beträgt 2,542, sein Volumgewicht 1,187, woraus sich ein theoretisches Porenvolumen von 53,3% ergibt.

Schlesischer Formsand.

Aus den Formsandgruben der Dampfziegelei Kapsdorf bei Breslau (Kreis Trebitz) [3]).

Durch Auswaschen ließen sich aus dem Sand 5,8 v. H. tonige und feinschluffige Bestandteile entfernen.

---

[1]) Ermittelt nach S. 42.

[2]) Nach J. Holicky, Gieß.-Zeitg. 1912, S. 557.

[3]) Die Untersuchungen wurden auf Anregung des Verfassers vom Chemischen Laboratorium für Tonindustrie Prof. Dr. H. Seger und E. Cramer, Berlin NW, Kruppstraße, im Auftrage der Firma „Dampfziegelei Kapsdorf in Kapsdorf bei Breslau, Kreis Trebnitz, ausgeführt. Von dieser Firma kann auch der Sand bezogen werden.

Bezeichnung des Stoffes	110° C getrocknet		Mittel v. H.
	erste Bestimmung v. H.	zweite Bestimmung v. H.	
Rationelle Analyse:			
Kohlensaurer Kalk	2,65	2,85	2,75
Quarz	74,08	74,14	74,11
Feldspat	7,60	7,24	7,42
Tonsubstanz	15,67	15,77	15,72
	100,00	100,00	100,00
Endanalyse:			
Wasser (H_2O)	1,62	1,56	1,59
Kohlensäure (CO_2)	1,16	1,24	1,20
Kieselsäure (SiO_2)	85,20	85,36	85,28
Tonerde (Al_2O_3)	6,50	6,42	6,46
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	1,56	1,70	1,63
Kalziumoxyd (CaO)	2,32	2,20	2,26
Magnesiumoxyd (MgO)	0,30	0,22	0,26
Alkalien (als Rest) (Na_2O, K_2O)	1,34	1,30	1,32
	100,00	100,00	100,00

1. Körner von 1 bis 2 mm Durchmesser	0,0
2. „ „ 0,6 „ 1 „ „	0,1
3. „ „ 0,4 „ 0,6 „ „	0,1
4. „ „ 0,2 „ 0,4 „ „	0,4
5. „ „ 0,1 „ 0,2 „ „	0,9
6. „ „ unter 0,1 „ „	98,5
	100,0

Der Formsand kommt in zwei Hauptformen, einer weißen und einer gelblichen, vor. Beide Formen werden seit vielen Jahren von schlesischen Gießereien, insbesondere denen in Breslau und Umgebung, verarbeitet, der weiße Sand für Grau- und Stahlgußformen, der gelbliche für Rotguß, Messing-, Neusilber- und in neuester Zeit auch für Aluminiumgüsse.

Rheinischer Formsand.

Aus den Kronenthal-Ratinger Gruben der Firma August Zimmermann in Kronenthal-Ratingen, östlich der Bahnlinie Düsseldorf—Duisburg.[1])

Die Kronenthal-Ratinger Sandgruben liefern Formsand von sehr verschiedener Beschaffenheit. Man unterscheidet etwa 15 verschiedene Sorten, deren wichtigste durch die Buchstaben E, A, M.O.F., G.S., M.U.F. und G.S.F. bezeichnet werden. Die Sorten A und E eignen sich infolge ihrer groben Körnung und dem hohen SiO_2-Gehalte vor-

[1]) Die Untersuchung wurde auf Anregung des Verfassers im Auftrage der Firma August Zimmermann in Kronenthal-Ratingen ausgeführt. Die Ergebnisse des geologischen Befundes sind auf S. 3 und 4 zu finden.

nehmlich zu Kernen und bilden mit Sorte G.S. den Hauptbestandteil der patentamtlich geschützten Formmasse „Fassonit". Die Sorten M.O.F. und G.S. sind Sande von mittlerem Tongehalt, M.U.F. und G.S.F. dagegen ausgesprochener Fettsand.

Analyse:

Sorte:	E.	A.	M.U.F.	G.S.	M.O.F.	G.S.F.
SiO_2	94,8	93,50	86,22	93,2	89,02	95,2
Al_2O_3	2,20	2,30	8,64	2,4	5,13	3,1
CaO	0,09	0,10	0,10	0,12	0,10	0,12
MgO	0,94	0,92	0,54	0,80	0,38	0,76
Fe_2O_3	2,02	1,34	1,98	0,75	1,75	0,75

Die mechanische Untersuchung der Sandkorngröße ergab folgendes Resultat:

		Durchschnittswerte:
Grobe und mittelkörnige Sande Sorten E, A und G.S. . . .	$1^1/_2$ bis 0,5 mm Korngröße	30 v. H.
	0,5 bis 0,2 mm „	60 v. H.
	unter 0,2 mm „	10 v. H.

Für die Sorten M.U.F., M.O.F., G.S.F. läßt sich im allgemeinen eine genaue Korngröße in Prozenten nicht angeben. Diese Sande kommen in grobkörnigem, mittelkörnigem und feinem Zustande vor.

Das Südharzer Formsandvorkommen.

Etwa einen halben Kilometer von den Gipslagern des Städtchens Ellrich entfernt zieht sich bis nach Walkenried ein Höhenzug, der Reinberg, hin, der in der Hauptsache aus einem mächtigen rotliegenden Formsandlager, der dem Südharz eigenen Permformation, besteht. Die obersten Schichten des nach einer unter der Humusdecke liegenden weißen Sandschicht von wechselnder Stärke folgenden Rotliegenden sind im Laufe der Jahrtausende durch eindringendes Niederschlagwasser völlig zu Sand zermürbt worden, so daß sie mit der Schaufel abgebaut werden können. Mit zunehmender Abbautiefe werden die rotliegenden Schichten zunehmend fester, bis sie schließlich nur noch durch Sprengung zu gewinnen sind. Dementsprechend wird entweder „klarer Sand" (ohne Klumpen) oder Sand in Form von „Stücken" geliefert.

In nächster Nähe des Bahnhofes Ellrich-Stadt befinden sich die mit Geleiseanschluß versehenen Gruben der Vereinigten Südharzer Form- und Kernsandwerke, die sich bei einer Mächtigkeit von etwa 60 m auf eine ungefähre Länge von $^3/_4$ km erstrecken. Man gewinnt dort sowohl „Sand" als „Stücke"; beide Sorten sind ohne weiteres verladefähig. Um allen Ansprüchen genügen zu können, ist eine elektrisch betriebene Zerkleinerungsanlage mit Schollenbrecher, Walzwerk und Siebvorrichtung errichtet worden. An die Gruben der genannten Gesellschaft stößt eine große Grube der Firma Frohwein in Halberstadt,

der sich die Grube der Widaer Hütte A.-G. in Wieda anschließt. Später folgen einige kleinere Privatgruben, worauf eine bereits im Walde gelegene, seit Jahren nicht mehr betriebene Grube der Harzer Werke in Zorge den Abschluß bildet.

Die Güte des Sandes ist in allen genannten Gruben gleich, noch als es keine Eisenbahnen gab, wurde er in beträchtliche Entfernungen verfrachtet. Er zeichnet sich insbesondere durch seltene Reinheit und größte Gleichmäßigkeit aus und ist insbesondere für Feinguß, Geschirrguß und ornamentierten Handelsguß vorzüglich geeignet.

Die beste Bezugszeit für Formsand.

Man sollte immer bestrebt sein, über ein ausgiebiges Sandlager zu verfügen, um nicht in Zeiten größerer Beanspruchung der Gruben gezwungen zu sein, mitunter Sand von weniger befriedigender Güte abnehmen zu müssen. Weiter empfiehlt es sich, seinen Sandbestand möglichst während der Sommermonate zu vervollständigen. Der Sand ist dann leichter und trockner, der Unterschied zwischen Sommer- und Wintersand kann dem Gewichte nach das Verhältnis von 5 : 7 erreichen, d. h. beim Bezuge von 5 Waggonladungen im Sommer erhält man unter Umständen die gleiche Sandmenge wie beim Bezuge von 7 Waggonladungen im Winter.

Die Masse.

Als Masse werden Gemenge von Sand und Ton bezeichnet, die durch Wasserzusatz einen dickbreiigen Zustand erlangten. Die Masse unterscheidet sich vom Formsande durch ihren höheren, vom Formlehm durch ihren geringeren Wassergehalt. Für verschiedene Güsse werden sehr verschieden zusammengesetzte Massen angemacht, in der Hauptsache sind aber zwei Arten zu unterscheiden: Masse für Grauguß und für Stahlguß. Bei der ersten kommt es vor allem auf gute Bildsamkeit des nassen Gemenges und Festigkeit der getrockneten Form an, bei der zweiten auf möglichst hohe Festigkeit und Feuerbeständigkeit.

Graugußmasse. Manche sandigen Tone entsprechen schon in ihrem natürlichen Mischungsverhältnisse den an eine brauchbare Masse zu stellenden Anforderungen; sie bedürfen nur noch einer Aufbereitung durch Trocknen, Stampfen, Sieben und Anfeuchten, um vollkommen formfertig zu werden. Solche Vorkommen sind aber ziemlich selten, im allgemeinen ist man darauf angewiesen, die natürliche Masse durch Beimischung von Ton, tonreichem Sand, von Magersand oder anderen Magerungsstoffen zu verbessern. Selbst eine vollkommen geeignete natürliche Masse bedarf zur Wahrung ausreichender Bildsamkeit nach jedem Guß einer Auffrischung mit fettem Ton, da sie durch das „Brennen", d. h. durch die starke Erhitzung beim Gießen magerer

wird. Den Grundbestandteil aller Graugußmassen bildet feuerfester Ton, dessen Neigung, beim Trocknen zu schwinden und Risse zu bekommen, durch Beimischung sog. „Magerungsmittel“ verringert oder ganz aufgehoben wird. Als Magerungsmittel für Graugußmasse wird wohl nur Quarzsand oder magerer Formsand verwendet, deren Wirkung auf verschiedenen Umständen beruht. Die Schwindung der Masse beim Trocknen hängt vom Ausmaß des Raumes ab, den der Quarzsand im Gemenge einnimmt; in je größerer Menge er vorhanden ist, mit desto geringerer Schwindung hat man zu rechnen. Zugleich wird mit steigendem Quarzgehalte die von der Schwindung abhängende Rißbildung vermindert und von einem bestimmten Mischungsverhältnisse ab völlig beseitigt. Beim Trocknen und Schwinden des Sand-Ton-Gemenges entsteht um jedes Sandkörnchen ein kleiner Hohlraum, dadurch wird das Gemenge durchlässiger, das Trocknen geht rascher und stetiger vor sich, da die Wasserdämpfe leichter entweichen können, und beim Gießen sind keine Störungen infolge ungenügenden Gasabzuges zu befürchten.

Die Masse hat infolge ihres höheren Tongehalts dem Formsand gegenüber manche großen Vorzüge. Im formfertigen halb körnigen, halb breiigen Zustande — man fügt ihr nur so viel Wasser bei, daß sie sich leicht kneten läßt, aber noch nicht klebrig am Werkzeuge oder den Händen hängen bleibt — ist sie bildsamer, d. h. sie zerfällt weniger leicht als durch Stampfen verdichteter Sand, erlangt durch das Trocknen eine große Festigkeit und wird sehr hart. Die letzte Eigenschaft unterscheidet sie von einer Reihe fetter Formsande, die zwar auch durch Trocknen durchlässiger werden und eine gewisse Festigkeit erlangen, deren Trocknung aber sehr vorsichtig ausgeführt werden muß, weil schon geringfügige Übererwärmung oder zu lange Dauer des Trockenvorganges die erreichte, nicht allzu hohe Festigkeit herabmindern oder gar ganz zum Verschwinden bringen können. Richtig zusammengesetzte Massen sind dagegen dem Trockenvorgange gegenüber weniger empfindlich und erlangen schließlich die Härte guter Lehmformen.

Masse ist darum für jene Gußformen ganz besonders geeignet, die bei der Anfertigung oder beim Gießen leicht beschädigt werden können, die z. B. mit vielen Kernen zu versehen sind oder wiederholt gewendet werden müssen, oder die unter dem Druck einer hohen Säule flüssigen Metalls leicht einer Erweiterung ihrer inneren Abmessungen (Treiben der Form) ausgesetzt sind. Gute Masse ist feuerbeständiger als Formsand, brennt weniger leicht an das Eisen an und wird darum für starkwandige, schwere Abgüsse bevorzugt, deren Formen verhältnismäßig lange großen Hitzewirkungen unterworfen sind. Weiter ist sie für große Stücke geeignet, bei denen es auf völlige Blasenfreiheit zu bearbeitender Flächen ankommt, da sie so gründlich getrocknet

werden kann und muß, daß sich beim Gießen keine Wasserdämpfe entwickeln können, die Blasen im Gusse verursachen würden. Das Metall wird in der Masseform weniger plötzlich abgekühlt als bei der Berührung der Wände nasser oder weniger gründlich getrockneter Sandformen, wodurch die Gießgase eher Zeit finden, vor dem Erstarren des Eisens zu entweichen. Dagegen ist die Herstellung von Masseguẞformen zeitraubender und teurer als die von Sandformen, weshalb man sie nur dann verwendet, wenn einer der angegebenen Gründe — vielfach gegliederte Form, bedeutende Höhe, größte Blasenfreiheit und Reinheit bearbeiteter Flächen u. a. m. — die Ausführung von Sandformen zu gefährlich erscheinen läßt.

Stahlgußmasse muß noch bei den in den Flußeisenschmelzanlagen erreichbaren Wärmegraden feuerfest sein. Sie besteht darum stets in der Hauptsache aus hoch feuerfestem Ton, aus Magerungsmitteln, die an und für sich wie in Berührung mit dem Tone unschmelzbar sind und nur unmerklich schwinden, und aus Stoffen zur Verhütung des Anbrennens. Die Tongrundmasse besteht aus Gemengen von rohem und von gebranntem Ton. Der rohe Ton verleiht der Masse Bildsamkeit und Zusammenhalt; doch ist er so wenig luftig, daß bei seiner ausschließlichen Verwendung die Formen unbedingt schülpen würden. Darum setzt man ihm zur Magerung Quarz- oder Koksmehl und gebrannten Ton in Gestalt von Schamotte oder von gemahlenen Tiegelscherben, vor allem aber von alter Masse zu. Von großer Bedeutung ist ein Graphitzusatz, der in der Masse ähnlich auf die Feuerfestigkeit wirkt, wie bei der Erzeugung von Schmelztiegeln. Der Graphit kann in Form von gemahlenen Graphittiegelscherben oder in reinem Zustande zugesetzt werden. Am vorteilhaftesten ist die Verwendung gemahlener Graphittiegelscherben, man gewinnt dabei noch andere wertvolle Grundstoffe, die auf den wenig gasdurchlässigen Graphit magernd einwirken. Solche Scherben, die auch zur Herstellung neuer Tiegel vorteilhaft verwendet werden, stehen nur wenig Gießereien zur Verfügung. Man kann sich mit Tontiegelscherben helfen und setzt dann den Graphit in reinem Zustande zu. Manche Gießereien verzichten auch auf Tontiegelscherben und verwenden als Zusatz zum rohen Tone nur Schamotte, deren Beschaffenheit leichter zu überwachen ist und die, je nach den örtlichen Verhältnissen, mitunter auch billiger eingekauft werden kann. Für schwere Formen setzt man neben dem Graphite nur noch Quarzmehl, für leichtere auch Koks- und Steinkohlenmehl zu. Die beiden letzten Stoffe wirken insbesondere dem Anbrennen entgegen, indem sie die Feuerfestigkeit der Masse erhöhen und zugleich die gegenseitige Berührung zwischen dem Körnchen der Masse und dem flüssigen Eisen vermindern — durch Bildung einer trennenden Gasschicht —, ohne selbst mit einem der beiden Körper

zusammenzuschmelzen. Die durch sie bewirkte Gasbildung ist aber so ausgiebig, daß sie nur bei leichteren, eine mäßigere Hitze abgebenden Gußwaren verwendet werden können.

Die Zusammensetzung der Stahlgußmassen ist entsprechend der Beschaffenheit der Grundstoffe, Magerungsmittel und Zusatzstoffe und nach der Art der herzustellenden Abgüsse sehr verschieden. Die Zusammenstellung verschiedener Mischungsverhältnisse auf S. 241 zeigt, innerhalb welch weiter Grenzwerte die Gehalte an den einzelnen Grundstoffen schwanken können.

Zur Aufbereitung der Masse wird der rohe Ton gut lufttrocken gemacht und auf einem Kollergange gemahlen, dann setzt man ihm den Quarzsand, zerkleinerte Tiegelscherben und Schamotte zu und mahlt so lange weiter, bis die Masse dem freien Auge durchaus gleichmäßig gemischt erscheint. Bei Verwendung von Quarzpulver müssen die Quarzstücke vor dem Mahlen ausgeglüht werden, da sie sonst beim Guß infolge der Hitzewirkung treiben würden. Das gut vorgemischte, noch immer trockene Gemenge kommt dann in einen Mischer (Abb. 240, S. 237), worauf es angefeuchtet wird, was von Hand oder mittels einer mechanisch betätigten Anfeuchtvorrichtung geschehen kann. Mit dem Zusatz von Wasser wird stets äußerst sparsam vorgegangen; die Masse soll nur so weit befeuchtet werden, daß sie eben genügende Bildsamkeit erlangt. Jede Überfeuchtung fördert das Schrumpfen und die Rißbildung während des Brennens. Um Wasser zu sparen und dem Gemenge erhöhte Bindekraft zu verleihen, wird ihm mitunter Melasse oder Kolophonium zugesetzt. In Belgien findet eine Masse aus natürlichen feuerfesten Sanden Verwendung[1]), die durch einen Brei aus gekochten Kartoffeln Bindekraft und Bildsamkeit erhalten. Zum Mischen der angefeuchteten Masse haben sich Flügelmischer recht gut bewährt; sie liefern bei verhältnismäßig kurzer Mischdauer tadellos durchgearbeitete, durchaus gleichmäßig feuchte Massen.

Während man früher die Formen durchaus aus gleicher Masse herstellte, ist man in neuerer Zeit dazu übergegangen, nur an die vom flüssigen Eisen bespülten Flächen der Form frische Masse, etwa in 30 mm Stärke, zu legen, dahinter aber alte Masse einzustampfen. Bei der Arbeit mit Lehren geht man noch weiter und dreht erst einen Grundkörper aus gewöhnlichem Lehm aus, dessen Höhlung leer bleiben oder mit Koks oder alter Masse gefüllt werden kann. Auf den Lehm wird dann etwas Masse oder auch nur eine doppelte Schicht von Schlichte aufgetragen.

Die Schlichte vertritt die Stelle der Schwärze beim Graugusse, sie verleiht der Form eine glatte Oberfläche und schützt sie vor dem Anbrennen. Sie besteht aus denselben Bestandteilen wie gute Masse, nur enthält sie mehr feuerfeste und weniger magernde Bestandteile.

[1]) Nach Unkenboldt, Stahl und Eisen, 1905, S. 350.

Da sie infolgedessen weniger gasdurchlässig ist, darf sie nur in dünnsten Schichten Verwendung finden. Häufig macht man sie so dünn an, daß sie nur mit dem Pinsel aufgetragen werden kann und ihre Schichtstärke eine Veränderung der Abmessungen der Form praktisch nicht mehr bewirkt. Um die Schlichte voll zur Geltung zu bringen, wird sie zweimal aufgetragen, einmal auf die feuchte Form vor dem Brennen und zum zweitenmal auf die hartgebrannte Form. Die Zusammenstellung enthält auch das Mischungsverhältnis zweier Schlichten.

Der Lehm.

Formfertiger Lehm unterscheidet sich von Graugußmasse durch seinen Gehalt an organischen Magerungsmitteln und durch seinen reichlicheren Wassergehalt, der ihm die Beschaffenheit eines dicken, klebrigen Breies verleiht. Den Grundstoff für Formerlehm bilden zwei Rohlehmsorten, die beide in vielen Gießereien verarbeitet werden; eine fettere, die langsam trocknet und durch das Trocknen sehr hart und fest wird, aber für Gase praktisch undurchlässig ist (Fettlehm), und eine magerere, sandreichere, die rascher trocknet, gasdurchlässig aber weniger fest und hart wird (Kernlehm, Sandlehm). Manche tonigen Sande oder sandigen Tone können ebensogut zu Masse wie zu Formlehm verarbeitet werden, man braucht ihnen nur organische oder anorganische Magerungsmittel beizumischen und sie entsprechend anzufeuchten; es gibt aber auch sandreiche Tone, die sich infolge der geringen Größe ihrer Sandkörner nicht für Masse verwenden lassen — da sie ohne Magerungsmittel zu stark schwinden würden, infolge ihres hohen Sandgehaltes aber einen Zusatz anorganischer Magerungsmittel nicht mehr vertragen —, die aber noch recht gut zu brauchbarem Lehm verarbeitet werden können.

Falls der magere Lehm nicht Körper genug hat, d. h. nicht fett genug ist, um ohne weiteres zu Formlehm verarbeitet zu werden, mischt man ihn mit der erforderlichen Menge von Fettlehm — der letzte wird am besten lufttrocken gemahlen, ausgesiebt und so gleichmäßig über den Magerlehm verteilt —, verarbeitet beide trocken auf einem Kollergang und feuchtet das Gemenge mit Wasser an, in dem Pferdedünger ausgelaugt worden ist. Die Ammoniaksalze solchen Wassers verdampfen beim Trocknen und hinterlassen Hohlräume, die die Porosität des Lehms erhöhen; zugleich verbessert solches Wasser die Klebekraft des nassen Lehms. Als organischer Zusatz wird vorzugsweise Pferdedünger verwendet (S. 66).

Formlehm besitzt dem Formsande gegenüber ähnliche Vorzüge wie die Masse; er erlangt größere Festigkeit und bietet den Beanspruchungen des flüssigen Metalls gegenüber noch volle Sicherheit, wo man bei Verwendung von Formsand die größte Gefahr liefe, Fehl-

güsse zu bewirken. Vor der Masse gewährt er den Vorteil, sich infolge seines breiigen Zustandes bewegten Lehren besser anzuschmiegen, weshalb er insbesondere bei der Herstellung von Kernen und von großen Formen mit Lehren Verwendung findet; in der Modellformerei benutzt man ihn nur ausnahmsweise. Infolge seiner großen Festigkeit im getrockneten oder gebrannten Zustande eignet er sich wie kein anderer Formstoff zur Herstellung kleiner und großer Kerne, insbesondere zylindrischer Form, in vielen Fällen ohne einer Kernspindel oder irgendeiner anderen Versteifung zu bedürfen.

B. Zusatzstoffe.

Der Steinkohlenstaub.

Der Steinkohlenstaub ist seiner Wirkung wie der verwendeten Mengen nach der wichtigste Zusatzstoff des Formsandes. Er wird dem Sande in Form feinsten Staubes beigemischt und bewahrt die Oberfläche der Formen vor dem Anbrennen. Die zwischen den Sandkörnern eingebetteten Kohlenteilchen werden unter der Wirkung des in die Form strömenden Metalles vergast, es entsteht eine Gasschicht zwischen der Sandoberfläche und dem Metalle, die die unmittelbare Berührung von Sand und Metall verhütet, die gegenseitige chemische Beeinflussung vermindert und zugleich als Wärmeschutzschicht wirkt. Während bei Verwendung von kohlefreiem Sande die Oberfläche der Abgüsse mit einer unschönen, die Bearbeitung erschwerenden Schicht teilweise geschmolzenen, angefritteten Formsandes überzogen wird, kommen unter sonst gleichen Umständen die Gußstücke glatt und mit schön graublauer Farbe aus der Form, wenn dem Sande guter Steinkohlenstaub sachgemäß beigemischt wurde.

Die Wirkung des Steinkohlenstaubes hängt wesentlich von seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit ab. Er soll möglichst viel flüchtige Bestandteile enthalten, möglichst fein und gleichmäßig gekörnt sein und einen geringen Aschengehalt haben.

Über die Wirkungen des Aschengehaltes gehen aber die Meinungen noch auseinander[1]). Größte Feinheit und Gleichmäßigkeit der Körnung ist erforderlich, weil der Steinkohlenstaub jedes Sandkörnchen so weit umfassen soll, daß während des Gießens eine ausreichend wirksame Gasschicht entstehen kann. Vereinzelte gröbere Kohlenkörnchen wirken schädlich; sie unterbrechen das gleichmäßige Gefüge der Formoberfläche, schieben sich leicht zusammen und brennen beim Gießen aus, wodurch auf dem sonst glatten Gußstücke größere und kleinere Höcker entstehen.

[1]) S. 63/64.

Um die gleiche Wirkung zu erreichen, muß einer Sandmischung um so weniger Steinkohlenstaub zugesetzt werden, je mehr Gase er unter der Wirkung des flüssigen Metalles zu entwickeln vermag. Als Maß für die verhältnismäßige Gasentwicklung gilt im allgemeinen der Gasgehalt, d. h. der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, bezogen auf den bei 100° C getrockneten Kohlenstaub. Beim Einkauf des Kohlenstaubes kommt es weniger auf die für die Geldeinheit zu erwerbende Gewichtsmenge als auf die damit zu erlangende Gasmenge an, wie die folgende Zahlentafel nach C. Henning[1]) dartut:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Liefe-rant	Wasser	Asche	Flüchtige Bestandteile	Koksausbeute	Preis 1 Tonne frei Verwendungsort	Mittlerer Wassergehalt	Preis 1 Tonne wasserfreien Kohlenstaubes	Mittlerer Gasgehalt	Preis für 100 kg Gas im trockenen Staube	Verhältniszahlen des Gaswertes im trockenen Staube
	v. H.	v. H.	v. H.	v. H.	ℳ	v. H.	ℳ	v. H.	ℳ	v. H.
I	2,40 4,25	6,2 14,3	16,9 18,1	83,6 81,9	23,00	3,32	23,80	17,5	13,60	140
II	2,2 2,1 1,3 1,75	16,9 14,2 17,6 19,8	24,1 23,1 29,5 28,2	75,9 76,9 70,5 71,8	25,00	1,84	25,50	26,2	9,73	100
III	1,2 1,2 1,5 0,8 0,8	11,8 13,0 9,8 10,2 10,8	11,5 15,6 12,0 20,0 15,0	88,5 84,4 88,0 80,0 85,0	22,0	1,10	23,30	14,8	15,07	152

Spalte 8 gibt den Preis des bei 100° C getrockneten Staubes an, da der ermittelte Gasgehalt auf das getrocknete Gut bezogen ist. Der Preis in Spalte 10 entspricht dem tatsächlichen Einkaufswerte des Staubes, bezogen auf 100 kg Gas. Danach ist der Staub I 40 v. H., der Staub III 50 v. H. teurer als Staub II, obgleich für den letzten am meisten Geld ausgegeben wurde. Die Schlußfolgerung Hennings, daß der Steinkohlenstaub auf Grund seines Gehalts an flüchtigen Bestandteilen bewertet und bezahlt werden sollte, ist darum durchaus gerechtfertigt.

Über die Zusammensetzung verschiedener deutscher Steinkohlen und damit über Eignung zur Verarbeitung zu Steinkohlenstaub für Formereizwecke gibt die nachfolgende Zahlentafel[2]) Auskunft:

[1]) Stahl und Eisen, 1910, S. 907.

[2]) Nach Analysen, die auf Veranlassung von C. Decken vom feuerungstechnischen Laboratorium für das Gärungsgewerbe in Berlin durchgeführt wurden (Gieß.-Zeitg., 1913, S. 691).

Ursprung	Reinkohle %	Wasser %	Asche %	Koks %	Flüchtige Bestandteile %
Mont Cenis	81,84	2,31	15,85	—	25,41
Ewald	83,69	1,62	14,69	71,41	26,97
Barsinghausen	78,44	2,65	18,91	—	28,55
Osterwald	76,10	2,72	21,18	65,50	31,78
Oelsnitz	89,63	5,37	5,00	80,55	34,08
Schottland	83,63	7,51	8,82	69,01	23,48
Herkules	91,06	0,73	8,21	85,79	13,56
Blumental	71,57	4,41	24,63	71,96	23,63
Dorstfeld	78,09	2,38	19,53	72,95	24,67
Gladebeck	91,28	1,50	7,22	72,83	25,67
Unser Fritz	88,46	2,29	14,25	71,57	26,14

Je kohlenstoff- und gasärmer eine Kohle ist, desto weniger eignet sie sich für Gießereizwecke. Am ungeeignetsten sind darum die Absaugestaube, die unmittelbar auf den Zechen durch Absaugen mittels Ventilatoren bei der Kohlenseparation gewonnen werden. Obgleich dieser Staub von Gasflammkohlen stammt, ist er ziemlich gasarm. Dr. Leisse stellte z. B. als Chef-Chemiker der Gaswerke in Köln fest, daß, während die ursprüngliche Kohle 30 bis 32% flüchtige Bestandteile enthielt, der abgesaugte Staub nur 20 bis 21% aufwies[1]), und erklärt dies daraus, daß durch die Saugwirkung die spezifisch leichtesten, kohlenstoffärmsten Kohlenteilchen mitgerissen werden. Ähnlich niedrige Gehalte an flüchtigen Bestandteilen wiesen andere Staubkohlen aus, Tremonia 19%, Mansfeld 17,5 und Friedrich Erbstollen 14%.

Der Steinkohlenstaub zerfällt unter den Hitzwirkungen des Gießens in Gas und feine Koksteilchen. Die Koksteilchen haben keine Bindekraft, sie verstopfen nur die Hohlräume zwischen den Sandkörnern und vermindern so die Gasdurchlässigkeit des gebrauchten Sandes. Ein Teil des entstehenden Koksstaubes verbrennt zu Asche und wird infolge der dadurch eintretenden Raumminderung etwas weniger schädlich. Je feiner der Steinkohlenstaub gemacht wird, um so feiner werden die Koksteilchen und in um so größerer Menge können sie verbrennen. Natürlich wird der Formsand um so weniger geschädigt, je weniger Ascheteilchen ihm durch den Steinkohlenstaub zugeführt wird, und es empfiehlt sich aus diesen Erwägungen beim Einkauf auf einen möglichst geringen Aschengehalt zu sehen. In der Praxis erweist sich aber, den theoretischen Erwägungen entgegen, ein hoher Aschengehalt nicht immer schädlich. W. Emrich hat z. B. nacheinander zwei Steinkohlenstaubsorten verwendet, die bei gleicher Koksausbeute und annähernd gleichem Gehalte an flüchtigen Bestandteilen ein auffallendes Betriebsergebnis zeitigten. Der Steinkohlenstaub

[1]) Gieß.-Zeitg., 1914, S. 154.

	Sorte I %	Sorte II %
Feuchtigkeit	0,88	1,20
Asche	26,19	11,57
Kohlenstoff	49,90	64,00
Wasserstoff	6,90	6,00
Flüchtige Bestandteile	27,94	27,64
Koksausbeute	72,06	72,36

mit nur 11,57% Asche lieferte zum Teil unbrauchbare, mit Schülpen behaftete Abgüsse, während die andere Sorte mit dem 2½fachen Aschengehalt dauernd gute Erfolge hatte. Emrich berichtet[1]), daß der aschenreichere gutbewährte Steinkohlenstaub einen fetten Eindruck machte, er fühlte sich schlüpfrig an, war von großer Feinheit, ähnlich wie Tonmehl, und hatte eine ins Bräunliche übergehende Farbe. Der aschenärmere Staub hatte wesentlich gröberes Korn, fühlte sich im Vergleich zum anderen sehr scharfkantig an und war tiefschwarz. Diese Erfahrungen zeigen, daß es bei der Bewertung des Steinkohlenmehles nicht allein auf seinen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, auf den Aschengehalt und die Koksausbeute ankommt, sondern daß neben diesen unzweifelhaft wichtigsten Grundbedingungen auch noch andere Tatsachen zu beachten sind. Praktisch haben sich am besten bewährt gasreiche, langflammige Sandflammkohlen, die vor den langflammigen Back- oder Gaskohlen den Vorzug verdienen, weil sie weniger Koksstaub im Formsand hinterlassen. Allgemein wird eine etwa kaffeebraune Färbung des Steinkohlenstaubes als Zeichen hoher Güte angesehen. Vorzüglich geeignet sind verhältnismäßig junge Kohlen, die älter als Braunkohlen, aber doch noch keine ausgesprochenen Steinkohlen sind.

Eine praktische Probe zum beiläufigen Vergleiche verschiedener Steinkohlenstaubproben kann ausgeführt werden, indem man in je eine Hand eine Probe nimmt und sie auf glühendes Eisen wirft. Die Kohle, die zuerst aufflammt, ist die bessere. Eine weitere Bewertungsgrundlage liefert der Glührückstand. Die Probe, die weniger Grus, der doch nur aus Koks und Asche bestehen kann, hinterläßt, wird einer anderen mit mehr Rückständen vorzuziehen sein.

Beim Mahlen der Steinkohle muß recht vorsichtig vorgegangen werden, sonst können leicht Explosionen und Brände entstehen. Die rohe Kohle wird auf einem Blechbelag in dünner Schicht ausgebreitet, damit sie vor dem Mahlen völlig lufttrocken werde. Man darf sie nicht zu lange liegenlassen, um nicht Gasverluste zu erleiden. Auch die gemahlene, in Säcken verpackte und kühl gelagerte Steinkohle darf nicht

[1]) Stahl und Eisen, 1910, S. 1909.

zu lange aufbewahrt werden. Sie sollte spätestens in vier Wochen verarbeitet werden. Schon durch das Mahlen geht ein beträchtlicher Teil der flüchtigen Bestandteile verloren. Während in der Steinkohle häufig bis zu 40% flüchtige Bestandteile festgestellt werden können, wird man selbst im besten Steinkohlenmehl kaum jemals mehr als 30% finden.

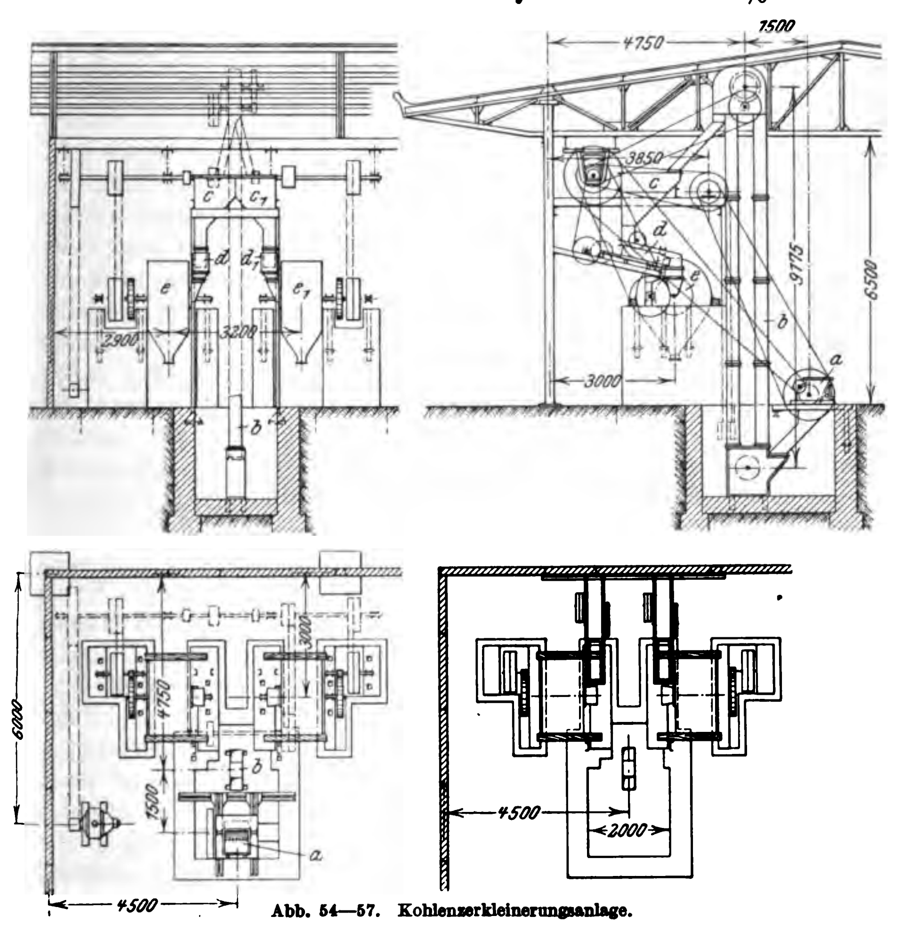


Abb. 54—57. Kohlenzerkleinerungsanlage.

Die Kohle wird meist in Kugelmühlen (Abb. 124/125) gemahlen, wobei sowohl die Aufgabe der Rohkohle, wie die Entnahme des Kohlenstaubes von Hand geschieht. Nur ganz große Betriebe können sich halbmechanische Anlagen leisten, wie eine in den Abb. 54 bis 57 dargestellt ist[1]). Das Gut gelangt über den Rost *a* mittels des Becher-

[1]) Nach C. Leber, Stahl und Eisen, 1912, 26. Dezember, S. 2172. Die Anlage wurde von der Badischen Maschinenfabrik A.-G. in Durlach für die A.-G. für Hüttenbetrieb in Duisburg-Meiderich ausgeführt.

werkes *b* zu den mit Aufgebeschuhen *d* und d_1 versehenen Behältern *c* und c_1, von hier zu den Kugelmühlen *e* und e_1, aus deren Sammeltrichter der fertige Staub in Säcken oder untergefahrenen Fördergefäßen entnommen wird.

Pferdedünger und seine Ersatzstoffe.

Bei der Bereitung des Former- und Kernmacherlehmes spielt der Pferdedünger eine ähnlich wichtige Rolle wie beim Formsand der Steinkohlenstaub. Der Pferdemist schwindet beim Trocknen stärker als der Lehm, er wird auch durch Zersetzung teilweise verflüchtigt und macht so die Lehmmasse poriger. Auch die Ammoniaksalze des Düngers befördern die Lockerung, indem sie beim Trocknen verdampfen und Kanäle zurücklassen. Der Lehm schwindet ohne oder doch unter geringerer Rißbildung und wird für Gase und Dämpfe genügend durchlässig. Den im tierischen Organismus verarbeiteten Pflanzenbestandteilen ist eine große Bindekraft eigen. Sie erlauben es, dem Lehme mehr Sand beizufügen, falls nicht überhaupt ein schon von Natur aus sandreicherer Lehm verwendet werden kann, was wiederum der rißfreien Schwindung und Luftigkeit zugute kommt. Eine weitere Steigerung der Bindekraft wird erreicht, wenn man die Lehmmasse mit Wasser anmacht, in dem Pferdedünger ausgelaugt wurde. Älterer, schon teilweise verrotteter Dünger wirkt hier am besten.

Für sehr feine Arbeiten verwendet man zuweilen Kuhdünger statt des Pferdedüngers. Er gibt mit feinsandigem Lehme Kerne von schöner, glatter Oberfläche und guter Luftigkeit, aber geringerer Festigkeit.

Pferde- und Kuhdünger werden dem Lehme im Verhältnis von 2 : 3 bis 1 : 1, dem Raume nach, beigefügt. Die Mischung erfolgt von Hand, wobei der Lehm in abwechselnden dünnen Schichten mit dem Pferdedünger auf einer eisernen Platte ausgebreitet und dann mit einem Rundeisenstabe anhaltend geschlagen wird, wobei ein Schlag neben dem anderen geführt werden muß. Dann schaufelt man die Masse durch und wiederholt das Verfahren, bis die Mischung genügend gleichmäßig geworden ist. Besser und billiger fährt man aber, wenn der Lehm nach dem ersten Durchschlagen in einer Knetmaschine fertig gemischt wird. Je inniger die Mischung ausfällt, desto geringer kann der Zusatz an Pferde- oder Kuhdünger werden.

Infolge der großen Mengen Pferdemist die Lehmgießereien oder Gießereien mit einem großen Bedarf an Lehmkernen benötigen, fällt es häufig schwer, die erforderlichen Mengen zu einem auskömmlichen Preise zu beschaffen. Die bisher verwendeten Ersatzstoffe wie Häckerling, Spreu, Gerberlohe, Torfgrus, Flachsscheven und Kälberhaare haben zwar zum Teil beträchtliche örtliche Bedeutung er-

langt, vermochten aber im allgemeinen den Pferdedünger nur wenig zurückzudrängen, da sie zwar den Lehm lockerer und damit gasdurchlässiger machen, seine Bindekraft aber meist herabmindern statt sie zu kräftigen.

C. Die Kernbinder.

Die natürlichen Binder: Kaolin und Ton.

Der Wert eines Kernsandes hängt von seiner Korngröße, von seinem Gehalt an Bindern und von seinem Gehalt an Alkalien, insbesondere an Kalk, ab. Je gleichmäßiger die Korngröße ist, desto fester wird unter sonst gleichen Umständen der Kern, gleichviel ob zu seiner Herstellung natürliche oder künstliche Bindemittel verwendet wurden. Je regelmäßiger die Form der Sandkügelchen ist und je mehr sie sich der Kugel nähert, desto luftiger wird der Kern. Kalkhaltige Sande sind immer gefährlich. Im günstigsten Falle, bei Vorhandensein nur wenig sehr feiner Sandkörner, vermag überreichliche Entlüftung der Gefahr einigermaßen vorzubeugen. Die beim Gusse durch Zersetzung des Kalkes entstehende Kohlensäure kann dann durch die vorbereiteten Auswege entweichen, doch ist der gebrannte Kalk der Wiederverwendung des Formsandes hinderlich, er verstopft die Luftwege mehr, als irgendein Kernbinder, wie Mehl oder Stärke, es tun könnte.

Häufig wird beim Anmachen von Kernsandmischungen der große Einfluß nicht genügend in Rechnung gezogen, den ein verschiedener Feuchtigkeitsgehalt auf sein Raummaß hat. Dadurch verunglücken regelmäßig viele Kerne. Getrockneter scharfer Sand nimmt nach Zuführung von 10% Wasser 50% mehr Raum ein. Das bestätigt ein einfacher Versuch. In einem mit Maßeinteilung versehenen Becherglase werden 500 ccm trockener scharfer Sand ausgemessen, in einem zweiten 50 ccm Wasser. Dann schüttet man den Sand auf eine Platte und mischt ihn innig mit dem Wasser. Beim Wiedereinfüllen in das Becherglas, das während des Einfüllens fortwährend so stark auf eine elastische Unterlage gestoßen wird, als man wagen kann, ohne es zu zerbrechen, wird der Sand einen Raum von etwa 780 ccm einnehmen. Entsprechend der Raumzunahme durch Befeuchtung ist die Raumverminderung beim Trocknen. Bis zu einem gewissen Grade entstehen dabei Hohlräume, durch welche die beim Guß entstehenden Gase entweichen können. Darüber hinaus erleidet aber ein zu naß angemachter Kern während des Trocknens Formveränderungen, oder er erreicht nur eine unzureichende Festigkeit. Der Feuchtigkeitsgrad ist außerdem von erheblichem Einfluß auf die Wirkung mancher Bindemittel.

Von großer Bedeutung für jeden Kernsand ist sein Gehalt an natürlichen Bindern. Vielfach wird der Ton-(Kaolin-)Gehalt ermittelt und kurzerhand als Binder bezeichnet. Das ist falsch, denn nicht jeder Ton und selbst nicht jedes Kaolin hat dieselbe Bindekraft. Die Bindekraft eines Tones hängt von seinem Gehalt an kolloidem Kaolin ab, der durch die Wirkung auf eine Anilinfarbe, das Malachitgrün, bestimmt werden kann (S. 51).

Untersuchungen verschiedener Sande haben ergeben, daß, wenn die Wirkung reinsten Kaolins[1]) mit 100 angesetzt wird, selbst gewaschener Fluß- und Süßwassersand noch Zahlen von 2 bis 2,5 aufweist, und daß einzelne Sandsorten auf über 100 steigen (z. B. ‚natürliches Kaolin' 107,60). Kernsande, die als völlig scharf, tonfrei, bezeichnet werden, können noch Kolloidkoeffizienten von über 10 ergeben[2]).

Die Färbeprobe ist nur bei frischen Sanden, wie sie aus der Grube kommen, anwendbar. Alter, verbrannter Sand, der gar keine Bindekraft mehr besitzt, enthält in beträchtlicher Menge Stoffe, die die Farbe zerstören und dadurch den Anschein hoher Bindekraft erwecken.

Öle.

Für scharfen Sand ist reines Öl das wirksamste Bindemittel. Der Sand darf aber keine Alkalien und keinen Ton enthalten. Alkalien verseifen das Öl und nehmen ihm die Bindekraft. In großen Betrieben sollte das Wasser bei nicht völlig einwandfreier Beschaffenheit gereinigt werden, geradeso wie man es beim Kesselspeisewasser macht. Die Kosten würden durch Ersparnisse an Bindern und Verminderung der Fehlgüsse reichlich hereinkommen. Ein Tongehalt vergrößert die Menge des zur Erreichung einer bestimmten Festigkeit erforderlichen Öles. Der Ton bildet mit dem Öl eine teigige Paste und hindert es, die Sandkörner einzeln völlig zu umschließen. Die Wirkung des Öles im scharfen Sande beruht darauf, daß es jedes Sandkörnchen umhüllt und nach dem Trocknen eine zähe Verbindung des Gefüges der ganzen Masse ergibt. Alle Ölkerne müssen mit etwas Wasser angemacht werden, nur dadurch ist eine wirklich innige Mischung zu erreichen. Zugleich bewirkt das beim Trocknen verdunstende Wasser die für den Gasabzug notwendige Porosität der Kernmasse. Verschiedene Öle und Binder bewirken verschiedene Festigkeiten. Die höchste von etwa 8 kg/qcm wird mit bestem, reinem Leinöl erreicht. Die Schaulinie (Abb. 58) zeigt die mit verschiedenen Bindern erreichbaren durchschnittlichen Festigkeiten.

---

[1]) Hier besteht noch eine Lücke insofern, als nicht festgestellt ist, ob Verwitterungs- oder ob Schlämmkaolin die höchste, mit dem Koeffizienten 100 zu bewertende Bindekraft besitzt.

[2]) Henry M. Lane, Journal of the American Society of Mechanical Engineers 1911, Oktober, S. 1201 u. f.

Für die Wirkung eines Öles sind von wesentlichem Belange die Art und die Zeit seines Eintrocknens, die dafür aufzuwendende Wärmemenge und die Art des beim Verbrennen entstehenden Rückstandes.

Rohes Leinöl gibt bei 24stündigem Trocknen unter 100° C nicht nur nichts ab, sondern erfährt dabei eine Gewichtszunahme um 0,22%. Wird es dann während einer Stunde einer Wärme von 200° C ausgesetzt, so verliert es etwa 3%. Beim Eintrocknen in offenem, über einem Bunsenbrenner erhitztem Tiegel zerfällt es zu einem mürben Pulver. Die mit rohem Leinöl angemachten Kerne erfordern darum eine verhältnismäßig lange Trockenzeit, vertragen aber auch einige Überhitzung und zerfallen unter der Wirkung des ausglühenden Eisens von selbst, so daß ihre Entfernung keine Schwierigkeiten bildet. Mit reinem rohen Leinöl angemachte Kerne erreichen leicht eine Festigkeit von 6 kg/qcm.

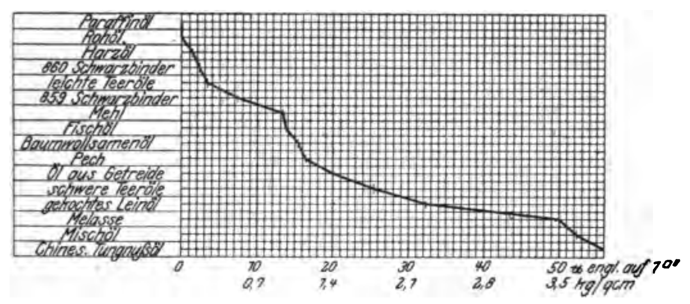


Abb. 58. Festigkeiten von Kernen mit verschiedenen Bindern.

Gekochtes Leinöl verliert bei 24stündiger Erwärmung auf 100° C ungefähr $6^1/_2$% seines Gewichts und bei weiterer, eine Stunde währender Erhitzung auf 200° C nochmals 3%. Beim Verbrennen hinterläßt es eine zähe Haut. Das im Handel erhältliche gekochte Leinöl ist stets mit mehr oder weniger Trockenstoffen versetzt, die dem rohen Öl beim Kochen zugesetzt wurden. Man gibt auch katalytisch wirkende Körper zu, die aus der Luft Sauerstoff anziehen und an das Öl weitergeben, das infolgedessen rascher oxydiert, steif wird und trocknet. Gekochtes Leinöl ist also erheblich oxydiert und bildet dementsprechend einen schlechteren Binder als das rohe. Es hat nur den Vorteil, weniger klebrig zu sein und so die Kernarbeit zu erleichtern. Mit gekochtem Leinöl angemachte Kerne zerfallen nach dem Gusse nicht von selbst, sie müssen mit einiger Gewalt aus dem Gußstück entfernt werden.

Leinölsatz bildet die dritte Form des in der Kernmacherei verwendeten Leinöls. Am Boden der Gefäße, die das frisch gepreßte Leinöl enthalten, scheiden sich pflanzliche Bestandteile ab, die als Leinölsatz in den Handel kommen. Sie haben die größte Bindekraft, werden

aber von den Kernmachern nicht gern verwendet, weil sie die Kernbüchsen klebrig machen und das Arbeiten erschweren.

Leichte Teeröle verlieren bei 24stündiger Erwärmung auf 100° C fast 70% ihres Gewichts und bei weiterem, einstündigen Erwärmen auf 200° C nochmals 20%. Sie sind infolgedessen wenig ausgiebig und ergeben selbst bei hohen Zusätzen nur schwache Kerne von etwa 0,35 kg/qcm Festigkeit. Beim Eintrocknen beziehen sie die Tiegelwände mit einer glänzenden festen Haut. Das Entfernen der Kerne aus den Abgüssen erfordert einige Anstrengung.

Schwere Teeröle verlieren bei 24stündiger Erwärmung auf 100° C etwa 32% ihres Gewichts, und bei weiterem, einstündigem Erwärmen auf 200° C wiederum 30%. Beim Eintrocknen bilden sie einen leicht zermürbbaren Kuchen. Sie sind für mittelstarke Kerne von 1,5—2,0 kg/qcm Festigkeit gut geeignet. Die Kernmasse zermürbt unter der Wirkung des ausglühenden Abgusses fast von selbst.

Chinesisches Tungnußöl wurde erst kurz vor Kriegsausbruch in der Kernmacherei verwendet. Es ist sehr ausgiebig, nimmt bei 24stündiger Erwärmung auf 100° C um 2% seines Gewichtes zu und bei der weiteren einstündigen Erhitzung auf 200° C insgesamt nur $1^1/_4$% ab. Es liefert nächst dem reinen rohen Leinöl die festesten Kerne. Beim Eintrocknen hinterläßt es eine zähe und feste Haut, weshalb die Kerne nur schwierig zertrümmert und aus den Gußstücken entfernt werden können.

Alle Ölsandmischungen bedürfen gründlichster Mischung und Verarbeitung. Auch die sorgfältigste Handarbeit reicht nicht aus, eine genügend innige Mischung zu bewirken. Das zeigen folgende von Henry M. Lane durchgeführte Versuche[1]):

Sand mit 3 Gewichtsprozenten Feuchtigkeit wurde mit dem nötigen Öl angemacht und auf einem Tische fünfmal mit einer runden, etwa 5 cm starken Eisenstange ausgewalzt, wobei ihm das noch fehlende Wasser allmählich zugesetzt wurde. Er schien dann ausreichend gleichmäßig gemischt zu sein. Damit angefertigte Kerne zeigten aber nach dem Trocknen linsen- bis bohnengroße weiße Stellen, aus denen bei einigem Klopfen völlig ungebundener Sand herausrieselte. Der Übelstand wurde etwas geringer, als man die in gleicher Weise angemachte Kernmasse durch ein Sieb Nr. 4 rieb. Doch zeigten sich noch kleine, über die ganze Oberfläche verteilte weiße Punkte, aus denen je etwa 12 bis 20 Sandkörnchen rieselten. Man zerbrach den Kern und fand, daß er vollständig mit solch kleinen, ungebundenen Fehlstellen durchsetzt war. Die Ursache lag im ursprünglichen Wassergehalt des rohen Sandes, der die gleichmäßige Verteilung des Öles verhinderte. Die Fehlstellen verschwanden vollständig, nachdem die gleiche Sand-

[1]) Journal of the American Society of Mechanical Engineers, 1911, Oktober, S. 1201 u. f.



mischung nur kurze Zeit in einer Knetmaschine, die Wasser, Öl und Sand auf das innigste durcheinanderbrachte, bearbeitet worden war.

Der Ölsand muß darum immer maschinell gemischt werden. Zum Mischen dürfen aber keine Mahlmaschinen verwendet werden, weil durch das Mahlen die Sandkörner zerrieben werden, der entstehende Staub einen Teil des Öles bindet und man zur Erreichung bestimmter Festigkeiten größere Mengen des Binders verwenden muß. Der Staub verlegt zudem die Poren im Sandgefüge und macht die Masse weniger gasdurchlässig.

Beim Trocknen von Ölkernen sind zwei gesonderte Vorgänge zu unterscheiden. Es muß erst das Wasser ausgetrieben werden, worauf das Öl oxydiert werden kann. Für beide Zwecke ist ein möglichst lebhafter Luftwechsel nötig. Der Oxydierungsvorgang verläuft ähnlich wie beim Trocknen geölter Tuche. Es kommt dabei viel weniger auf die Temperatur als auf genügende Sauerstoffzufuhr an. Man kann die mit Öl getränkten Tücher die längste Zeit in sehr heißen Trockenräumen aufhängen, sie bleiben klebrig-ölig, wenn die Lufterneuerung abgeschnitten ist. Sie werden aber selbst bei niedriger Temperatur rasch trocken, wenn für guten Luftwechsel gesorgt wird. Die richtige Wärme zum Trocknen von Ölkernen liegt etwas über 200° C. Bei 300° werden alle organischen Bestandteile des Binders zerstört, und die Kernmasse verliert den Zusammenhalt: die Kerne sind „verbrannt“. Bestens bewährt haben sich sowohl bei Versuchen wie im laufenden Betriebe selbstaufzeichnende Wärmemesser. Der Vorarbeiter wird durch sie nicht nur in die Lage versetzt die vorgeschriebene Wärme einzuhalten, sondern er wird auch gezwungen, es zu tun. Im Fall einer verunglückten Ofenfüllung sind ihm alle Ausreden abgeschnitten, sobald die vom Wärmemesser aufgezeichnete Schaulinie wider ihn spricht. Selbstredend kommen zum Trocknen von Ölkernen nur mittelbar geheizte Trockenkammern, am besten solche mit Heißwasserheizung in Frage.

Ein großer Vorzug der Ölkerne liegt darin, daß sie im Falle der Anfertigung aus reinem Flußsand und Öl keine Feuchtigkeit annehmen. Sie können ohne jede Gefahr beliebig lange in grünen Formen liegen und eignen sich ganz besonders für Fälle, in denen der Kern schon bei Beginn des Aufstampfens in die werdende Form eingelegt werden muß. Lane hat 4 Jahre alte Kerne benutzt, die sich beim Gusse wie neuangefertigte bewährten.

Manche Ölmischungen entwickeln beim Trocknen und insbesondere beim Gießen viel und äußerst unangenehmen Qualm. Bei einzelnen kleinen Kernen wird die Belästigung nicht allzu schlimm. Bei größeren Kernmengen muß durch besondere Entlüftungseinrichtungen für rasche Entfernung des Qualms gesorgt werden. In vielen Fällen kann dem Übel durch rechtzeitiges Anzünden der Gase an den Austritts-

stellen aus der Form einigermaßen gesteuert werden. Wal- und Fischöle, die ausgezeichnete und billige Kerne von hoher Bindekraft geben, mußten schon wiederholt ausgeschaltet werden, weil die Gießer den Geruch so fürchteten, daß die Gießarbeit zu sehr beschleunigt wurde und die Leute davonliefen, noch ehe alle nötigen Handgriffe richtig erledigt waren.

Sulfitlauge.

Sulfitlauge, die auch als Glutrin und Glutrose im Handel ist, wird seit etwa 15 Jahren als Kernbinder und als Bindemittel für mageren oder teilweise verbrannten Formsand verwendet. Sie ist ein Abfallstoff bei der Zellstoffgewinnung. Die nach Fällung des Zellstoffs abstehende Flüssigkeit wird durch Kochen eingeengt, bis sie ausreichende Bindekraft erlangt hat. Sie besteht aus Wasser, Tannin, Holzzucker und löslichen Harzen und ist nach ihrem größeren oder geringeren Wassergehalte zu bewerten. Die Sulfitlauge ist gleich den öligen Kernbindern keiner Gärung unterworfen und bleibt dauernd gebrauchsfähig. Im Probetiegel verbrannt, hinerläßt sie ein hautartiges Gebilde, das bei längerem Glühen zu einer pulverigen Masse zerfällt.

Ein Alkaligehalt im Formsand setzt die Wirkung der Sulfitlauge wesentlich herab, wie folgende Untersuchung von Lane und ihre Ergebnisse dartun[1]). Man wog eine Probe gewöhnlichen Sandes aus den Gängen der Gießhalle, der sich bekanntlich für die Kernformerei sehr wenig eignet, und eine gleiche Menge eines anderen gutbewährten Sandes ab und versetzte jede in einem Glaskolben mit einer gleichen Menge Sulfitlauge. Nach einigen Stunden wurde die Mischung mit Wasser ausgelaugt und die Flüssigkeit, die die im Wasser lösliche Sulfitlauge enthielt, durch Kochen auf die ursprüngliche Sulfitlaugenmenge eingeengt. Dann maß man eine dritte gleichgroße Menge frischer Sulfitlauge aus und fertigte mit jedem der drei Sulfitlaugenposten und frischem, durch frühere Versuche als geeignet befundenem Flußsande einen Satz Kerne an. Die Festigkeitsproben der getrockneten Kerne zeigten nun, daß die Kerne, die aus der Sulfitlauge hergestellt waren, die früher mit dem gewöhnlichen Formsande vermischt worden war, nur ein Viertel der Festigkeit der mit den anderen Laugenproben hergestellten Kerne erreichten. Dieser Formsand hatte also die Bindekraft der Sulfitlauge zu dreiviertel zerstört. Bei der chemischen Untersuchung stellte sich heraus, daß er alkalisch reagierte. Der Sand wurde dann so stark angesäuert, daß jede alkalische Wirkung verschwand, und die Probe wiederholt. Jetzt zeigten die Kerne aller drei Laugen-

[1]) Journal of the American Society of Mechanical Engineers, 1911, Oktober, S. 1201 u. f.

proben die gleiche Festigkeit. Weitere Versuche ergaben, daß die Neutralisierung alkalischer Sande stets die Wirkung des Bindemittels beträchtlich erhöhte. Auch das im eigenen Brunnen erbohrte, nennenswerten Gehalt an Lithiumsalzen aufweisende war der Wirkung des Binders schädlich.

Beim Trocknen wird die Sulfitlauge mit der Feuchtigkeit an die Oberfläche des Kernes getrieben, die infolgedessen härter wird als das Kerninnere. Diese Eigenschaft wird wertvoll, wenn es sich darum handelt, einzelnen Stellen der Abgüsse eine ganz genau bestimmte Oberfläche zu geben, z. B. Lagerstellen an Teilen für landwirtschaftliche Maschinen, die nicht bearbeitet werden sollen. Die von der Sulfitlauge durchtränkte harte Kernoberfläche wirkt in solchen Fällen ähnlich wie eine dünne Schreckschale. Sulfitlaugenkerne behalten während des Trocknens durchaus Form und Größe, sie können bei genauer Arbeit nach dem Trocknen wieder in die Kernbüchse gelegt werden. Der Trockenvorgang geht am besten und raschesten bei einer Wärme von etwa 180° C vonstatten.

Melasse.

Man unterscheidet Rüben- und Milchzuckermelasse. Die Rübenmelasse ist ein schwerflüssiges, dunkelbraunes, widerlich riechendes und schmeckendes Abfallerzeugnis bei der Zuckergewinnung. Sie besteht aus 16 bis 19% Wasser und 46 bis 53% Zucker, außerdem noch aus so viel fremden Stoffen, namentlich Salzen, daß der Zucker nicht mehr kristallisiert. Ihre Wirksamkeit als Binder hängt von der Beschaffenheit der zur Erzeugung des Zuckers verwendeten Rohstoffe und dem Arbeitsverfahren, außerdem von der Zeitdauer der Lagerung ab, weil sie bald zu gären beginnt und dann ihren Zuckergehalt verliert. Es wäre aber nicht richtig, den Zuckergehalt auf Grund ihres spezifischen Gewichts bewerten zu wollen, wie es von einigen Seiten empfohlen wird. Dr. Goldstein hat bei annähernd gleichem spezifischen Gewicht in Kernbindermelassen 30 bis 45% Zucker gefunden[1]). Die Abnahme des spezifischen Gewichtes bei beginnender Gärung ist so gering — im Gegensatz zu reinen Zuckerlösungen —, daß sie keine sicheren Schlüsse auf den Zuckergehalt zuläßt.

Der Wert einer Melasse kann darum nur durch unmittelbare Bestimmung des Zuckergehaltes — gewichtsanalytisch oder optisch — einwandfrei festgestellt werden. Zur gewichtsanalytischen Feststellung, die etwa 2 Stunden beansprucht, wird die Lösung mit Salzsäure gekocht (Inversion) und mit Fehlingscher Kupferlösung gefällt. Die optische Bestimmung läßt sich in wenig Minuten erledigen. 13 g Melasse werden in 100 ccm heißem Wasser gelöst, die Nichtzuckerstoffe mit

[1]) Stahl und Eisen, 1912, S. 356.

essigsaurem Blei gefällt und klar abfiltriert und schließlich in der reinen Zuckerlösung mit dem Polarimeter der dem Zuckergehalte proportionale Drehungswinkel ermittelt.

Mit guter Melasse hergestellte Kerne erreichen hohe Festigkeit, und es ist nicht schwierig, regelmäßig Kerne mit 3,5 kg/qcm Zugfestigkeit zu gewinnen. Größte Sorgfalt muß dem Trocknen gewidmet werden. Zunächst verdunstet das Wasser, dann kommt die Melasse zum Kochen, wobei sie so dünnflüssig wird, daß alle Sandkörnchen von ihr einzeln vollkommen umspült werden. Bei fortschreitender Verdunstung ihres Wassergehaltes erstarrt sie zu einem Geäder sehr feiner Krusten, das dem Kerne Halt verleiht. Dieser muß genau im richtigen Zeitpunkt aus dem Ofen genommen werden. Wird der Kern zu früh herausgenommen, so ist er noch nicht fest genug. Geschieht die Entnahme aus dem Ofen auch nur ein wenig zu spät, so ist der Binder verbrannt und der Kern hat jede Festigkeit eingebüßt. Betriebe, die Melassekerne in größerem Umfange herstellen, müssen darum mit Sondertrockenkammern ausgerüstet werden, die es leicht möglich machen, genau vorgeschriebene Temperaturen einzuhalten. Melassekerne haben eher Neigung sich während des Trocknens auszudehnen als zu schrumpfen. Da verbrannte Melasse eine rauhe, unregelmäßige, von Blasen durchzogene Masse bildet, ist die Kernmasse nach dem Gießen leicht aus den Abgüssen zu entfernen.

Gewöhnlich wird als Melasse nur das Abfallsergebnis bei der Rübenzuckergewinnung bezeichnet. Von ihr ist die Milchzuckermelasse streng zu unterscheiden. In einzelnen Molkereien werden die bei der Käseherstellung abfallenden Molken auf Milchzucker verarbeitet. Die nach weitestgehender Ausscheidung des Zuckers übrigbleibende Mutterlauge wird, wie bei der Gewinnung des Rübenzuckers, schlechthin Melasse genannt und als solche in den Handel gebracht. Die beiden Melassen sind in ihrer Zusammensetzung und damit in ihrer Verwendbarkeit recht verschieden. Die Milchzuckermelasse enthält im Vergleiche zur Rübenzuckermelasse nahezu doppelt soviel Asche, etwa 20 bis 30% weniger Zucker und mehr als die anderthalbfache Menge Wasser. Sie wird dieser geringeren Wertigkeit halber auf den deutschen Eisenbahnen zum Sondertarif III befördert. Als Zusatz zum Form- oder Kernsand verleiht sie den getrockneten Gebilden steinharte Beschaffenheit, so daß sie sich besonders zum Aussparen gewisser innerer Formteile vorzüglich eignen. Die größten Mengen Milchzuckermelasse werden im Allgäu erzeugt.

Harze.

Harze werden in fein gepulvertem Zustande dem Kernsand beigemischt, um während des Trocknens zu schmelzen, dann die einzelnen

Sandkörnchen zu überziehen und nach dem durch Abkühlung bewirkten Erstarren eine haltgebende Kruste, wie die Melasse, zu hinterlassen. Hauptsächlich kommen in der Kernmacherei Pech und Kolophonium in Frage. Von den Pechen können nur solche Arten verwendet werden, die bei gewöhnlicher Temperatur spröde genug sind, um sich zu Pulver zermahlen zu lassen. Infolge des geringeren Preises wird größtenteils amerikanisches Kolophonium verwendet. Es besteht aus Abientinsäureanhydrid, dem Rückstande, der sich bei der Gewinnung des Terpentinöls ergibt. Französisches und amerikanisches Kolophonium ist hellgelb, deutsches hell- bis dunkelbraun. Kolophonium läßt sich leicht zu feinstem Pulver mahlen und schmilzt bei 130 bis 135° C. Pech und Kolophonium können für Sand- und für Lehmkernmassen verwendet werden. Es ist zwar ziemlich schwierig, den gepulverten Binder mit Lehm innig genug zu mischen, das Mischungsverhältnis reicht aber doch aus, die Bindekraft des Lehms beträchtlich zu erhöhen. Beim Gusse brennen die organischen Bestandteile aus, so daß der Kern leicht ausgestoßen werden kann. Pechkerne erreichen eine Festigkeit von etwa 1 kg/qcm, Kolophoniumkerne werden noch etwas fester. Die Kerne sind bei Verwendung von völlig reinem Flußsande gegen Feuchtigkeit völlig unempfindlich und können jahrelang lagern, ohne Schaden zu leiden. Zum Trocknen reichen Temperaturen von 140 bis 175° C aus. Eine stärkere Erwärmung läßt den Binder zerfallen, Erhitzung auf 200° C zerstört sein Gefüge vollkommen. Alle Harzkerne entwickeln einen starken Qualm, der aber von den Gießern nicht so unangenehm empfunden wird wie der Rauch von Ölkernen.

Kernmehle.

Der Hauptunterschied zwischen der Bindung mit Öl und der mit Mehl besteht darin, daß das Öl infolge seiner Dünnflüssigkeit die einzelnen Sandteilchen vollständig umhüllt, während das Mehl mit dem Wasser einen Teig bildet, der es befähigt, an den Stellen der Sandkörnchen fest zu haften, mit denen es durch die Vorgänge der Aufbereitung in Berührung kommt. Ein großer Teil des Binders wirkt infolgedessen nicht unmittelbar zum Zusammenhalten der Kernmasse, sondern verlegt nur der Luft den Weg. Darum muß zur Gewinnung des notwendigen Halts eine verhältnismäßig größere Menge Mehl verwendet werden, als unter sonst gleichen Umständen an Öl erforderlich wäre. Dafür lassen sich aber für Ölkerne Sandsorten mit einem ziemlich beträchtlichen Gehalt an natürlichem Binder (Kaolin oder Ton) verwenden, wodurch wieder Mehl gespart wird. Reine Mehlkerne erreichen selten eine Festigkeit von mehr als 0,8 kg/qcm, doch läßt sich dieser Grenzwert durch Zusätze von etwas Kolophonium oder Sulfitlauge beträchtlich erhöhen. Sie zerfallen unter der Wirkung des ausglühen-

den Gußstückes von selbst und rieseln schon bei leichtem Abklopfen aus den Abgüssen. Infolge der Eigenschaft des Mehlbreies, die Poren zu verstopfen, muß für reichliche Gasabführung gesorgt werden. Mehlkerne erfordern ein sehr sorgfältiges Trocknen, der Trockenprozeß verläuft ganz ähnlich dem Vorgange beim Backen von Brot. Die richtige Trockentemperatur liegt zwischen 175 und 190° C. Es ist gut, den Kern gleich von Anfang an dieser Wärme auszusetzen, er gewinnt dann außen eine harte Kruste, während sein Inneres verhältnismäßig locker bleibt und dem Schwinden des Abgusses geringen Widerstand entgegensetzt.

Man verwendet Weizen-, Roggen- und Kartoffelmehl zum Backen der Kerne. Seines geringen Preises wegen wird in Deutschland das Kartoffelmehl bevorzugt. Es darf nicht zu alt sein. Man erkennt seine Backfähigkeit an einem leichten Knistern, wenn man es im Sacke zusammenpreßt oder reibt. Kartoffelmehl wird in kaltem Wasser zu einer knollenfreien, suppenartigen Brühe gelöst, dann einmal aufgekocht und im warmen Zustand im Verhältnis von 1 : 30 mit Flußsand (tonfreiem Quarzsand) gemischt und verarbeitet. Es muß streng darauf geachtet werden, daß der Mehlbrei nur einen Augenblick aufkocht, längeres Kochen nimmt ihm die Backfähigkeit. Der abgekühlte mit Kernsand vermengte Brei neigt zum Sauerwerden und ist dann zum Backen ungeeignet. Man muß ihn rasch verarbeiten und die fertigen Kerne sofort in die geheizte Trockenkammer bringen. In Amerika wird Weizenstärkemehl bevorzugt. Es wird in kaltem Wasser gelöst und die kalte Lösung mit dem Kernsande verarbeitet; im übrigen bleibt die Behandlung der Kernmasse und der Kerne gleich.

Beim Einkauf von Kernmehl wird recht oft nicht die richtige Bewertungsgrundlage beachtet. G. S. Evans stellte auf Grund genauer Untersuchungen und umfangreicher Rundfragen fest, daß ein großer Teil der amerikanischen Gießereien minderwertige oder gar verfälschte Kernmehle einkaufen und dadurch mitunter doppelt so hohe Auslagen haben, als ihnen bei Verwendung reiner, bestgeeigneter Mehle erwachsen würden[1]).

Das Weizenkorn besteht — vom müllereitechnischen Standpunkte aus — aus einer äußeren und einer inneren, zum größten Teil aus Holzfaser gebildeten Haut mit geringem Gehalte mineralischer Salze, aus Stärkekörnchen, die in ein Netzwerk aus Kleber gebettet sind, aus dem Keime oder Herzen, das zum größten Teil aus fetten Proteinstoffen zusammengesetzt ist, und aus dem Keimkuchen, der verhältnismäßig viel Mineralstoffe oder Asche enthält. Von all den Bestandteilen ist nur der Stärke und dem Kleber nennenswerte Adhäsionskraft zu eigen,

[1]) Foundry, 1914, 1. Januar, S. 15; Stahl und Eisen, 1914, 26. Februar, S. 368.

nur sie kommen als Kernbinder in Frage, und der Kleber ist wiederum weitaus wertvoller als die Stärke.

Die Stärke ist ein bei gewöhnlicher Temperatur sehr beständiger Stoff, während der Kleber unter der Wirkung atmosphärischer Einflüsse rasch zerfällt und dabei alle Bindekraft und Zähigkeit verliert. Der Zerfall verrät sich ohne weiteres durch einen muffigen Geruch, weshalb jedes so beschaffene Mehl von der Verwendung zum Kernmachen von vornherein ausgeschlossen werden muß.

Beim Mahlen des Getreides wird der größte Teil der beiden Häute, einschließlich von Spuren anhaftender Stärke und Klebers, als Kleie abgeschieden, die keinen Wert als Kernbinder hat. Der Rest der beiden Häute, der Keim und der Keimkuchen, mit beträchtlichen Mengen anhaftender Stärke und Kleber, werden mehr oder weniger als Schrotmehl abgeschieden, dessen feinere Sorten oft als Kernbinder in den Handel kommen. Es bleibt dann noch die Hauptmenge der Stärke und des Klebers übrig: das Stärke- oder Feinmehl, das allein für die Kernmacherei vollwertig ist. Der kennzeichnende Unterschied zwischen den Schrot- oder Abfallmehlen und den Fein- oder Kernmehlen liegt demnach im hohen Kleiegehalt der ersten, der sich meist schon durch gelbliche Farbe und fettigen, öligen „Griff" des Mehls verrät. Eine Mehlsorte ist um so geeigneter als Kernbinder, je mehr Stärke und Kleber sie enthält, ihre Bindekraft sinkt und steigt unmittelbar mit dem Gehalt an diesen Stoffen. Das gilt aber nicht ganz allgemein, denn bei Abfallmehlen ist der ganze Stärke- und Klebergehalt an die Faserteile der beiden Häute gebunden und bleibt unwirksam, gleich ob er in etwas größerer oder geringerer Menge auftritt.

Kernmehl sollte nur auf Grund folgender Bedingungen gekauft werden[1]):

1. Das Mehl muß frei von fremden und pflanzlichen Fremdkörpern sein und folgenden Proben entsprechen:

2. Das mit einer Spachtel in feinen Schichten ausgebreitete Mehl darf keine mit freiem Auge auf etwa 360 mm Entfernung wahrnehmbaren Kleienteile enthalten und muß völlig frei von muffigen Gerüchen sein.

3. Der Aschengehalt darf 1,35%, die rohen Fette dürfen 2,50%, die Holzfaser darf 1,25% nicht überschreiten.

4. Zur Bestimmung einer Durchschnittsprobe entnimmt man jeder Wagenladung (2500 kg) einer Lieferung je 0,45 kg, mischt alle Einzelproben sorgfältig durcheinander und entnimmt dem Gemische die rechtsgültige Endprobe.

5. Die Probe wird auf gewöhnlichem Wege chemisch untersucht.

---

[1]) Nach Evans, Stahl und Eisen, 1914, S. 368.

Entspricht sie nicht den Bedingungen unter 3, so kann die ganze Lieferung zurückgewiesen werden.

6. Das Zurückgewiesene steht zur Verfügung des Lieferers.

7. Die Lieferung hat, wenn nicht anders bestimmt wird, in Jutesäcken zu erfolgen.

Die Bedingungen stellen die zulässigen Höchst- und Mindestgehalte auf und ermöglichen den Ankauf der billigen Stärke- und Klebemehle, wie sie die gewöhnliche Müllerei herstellt, sind aber doch scharf genug gehalten, um die minderwertigen Abfallmehle, insbesondere aber alle verfälschten Mehle auszuschließen. Wie genau die Güte des Kernmehles durch chemische Analyse festgestellt werden kann, zeigt die folgende Zahlentafel, in der das Ergebnis der Untersuchung von zwölf amerikanischen Mehlsorten zusammengestellt ist.

Chemische Zusammensetzung und Festigkeitsergebnisse verschiedener Kernmehle.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
								1 Teil Mehl, 4 Teile Wasser auf 30 Teile scharfen Sand		60 Teile scharfen Sand	
								Bruchlast in kg			
Probe Nr.	Feuchtigkeit %	Kohlenwasserstoff %	Mineralische Bestandteile %	Protein %	Holzfaser %	Rohe Fette %	Grundpreis ℳ/t	einzeln	Durchschnitt	einzeln	Durchschnitt
1	10,90	73,76	0,63	12,04	0,69	1,98	165,80	20,7		18,6	
2	11,96	71,73	0,41	12,85	0,86	2,19	179,70	28,1		20,2	
3	10,31	72,76	0,96	13,10	0,57	2,30	169,50	23,9	24,8 (Nr. 1–5)	—	18,9 (Nr. 1–5)
4	12,20	71,62	0,74	12,74	1,14	1,56	163,80	21,8		17,8	
5	11,83	74,12	0,61	10,80	0,39	2,25	185,20	25,6		—	
6	10,57	65,70	2,19	15 22	1,56	4,76	167,50	14,3		12,9	
7	9,58	65,14	1,28	16,03	3,78	4,19	166,70	17,8	16,0 (Nr. 6–7)	9,8	11,4 (Nr. 6–7)
8	6,58	47,87	34,28	8,33	0,88	2,06	161,15	12,9		5,3	
9	6,09	54,78	30,16	6,42	0,71	1,84	157,40	10,6	12,5 (Nr. 6–12)	7,7	7,8 (Nr. 6–12)
10	5,17	48,46	37,12	6,47	1,19	1,59	148,15	11,3	11,1 (Nr. 8–12)	5,1	6,0 (Nr. 8–12)
11	5,81	42,43	43,08	5,82	1,11	1,75	138,90	9,7		—	
12	4,97	40,04	45,60	6,01	0,97	2,41	—	10,9		5,8	

Nr. 1 bis 5 sind billige Stärkemehle, die den obenangegebenen Bedingungen entsprechen und sich auch im Betriebe gut bewährt haben; Nr. 6 und 7 stammen von Abfallmehlen, die gleich den durch die Proben 8 bis 12 ausgewiesenen verfälschten Mehlen den Bedingungen nicht entsprachen. Um den Wert der Mehle praktisch zu erproben, wurden längere Zeit (mindestens 2 Wochen) mit den Mehlen 1 bis 7 täglich 350 Stück Ringkerne für 33″(838 mm)-Wagenräder angefertigt, wobei das Mehl Nr. 6 einen Mehraufwand von 25%, Nr. 7 gar von 31% gegenüber dem Durchschnittsverbrauche von Mehlen Nr. 1 bis 5 notwendig machten. Ein Vergleich der Preise (Spalte 8) zeigt, daß die minder-

wertigen Nummern 6 und 7 sogar teurer waren als einige der ersten fünf Sorten.

Zur Bestimmung der Bindekraft wurden mit jeder Mehlprobe zwei Versuchsmischungen angemacht, eine mit 1 Teil Mehl auf 30 Teile scharfen Sand, die andere im Verhältnis von 1 : 60. Der Sand war vorher gut getrocknet worden, und erst nach gründlichem Mischen wurde jede Probe mit 4 Teilen Wasser angefeuchtet. Aus jeder Probe formte man 4 Kerne (254 × 38 × 38 mm), die in einer Kammer mit gleichbleibender Wärme getrocknet und dann zwischen zwei Kanten im Abstande von 203 mm (Abb. 59) gebrochen wurden. Der Hebel der einfachen Bruchvorrichtung wurde so bemessen, daß seine Brechschneide genau die Mitte des Kernes traf, und daß sich die Entfernungen von der Schneide bis zum Drehpunkt des Hebels und bis zum Aufhängepunkt des Bruchgewichtes wie 1 : 2 verhielten.

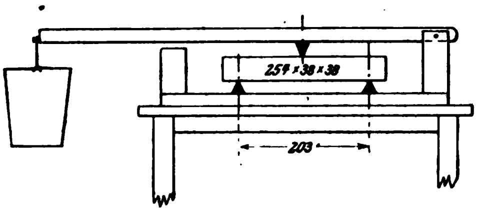


Abb. 59. Schematische Darstellung einer Mehlkern-Prüfungsmaschine.

In den Becher wurde langsam Schrot gefüllt, bis der Bruch erfolgte, worauf man das Gewicht des gefüllten Bechers feststellte. Das so ermittelte Gewicht mal 2 gab die zum Bruche führende Kraft an. Ergaben die Kerne einer Probe zu große Unterschiede, so wurden vier neue Kerne angefertigt und das Verfahren wiederholt, bis schließlich übereinstimmende Ergebnisse erzielt waren. Weiter wurden die gesamten Proben bei verschiedenen Wetterverhältnissen wiederholt, wobei sich aber keine nennenswerten Abweichungen ergaben. Die gewonnenen Zahlen können darum als einwandfreie Mittelwerte angesehen werden. Sie führen zu folgenden Schlüssen:

1. Die den Evansschen Vorschriften entsprechenden Mehle Nr. 1 bis 5 ergeben im Mischungsverhältnisse 1 : 30 um 95%, im Verhältnis 1 : 60 um 163% festere Kerne als der Durchschnitt aller den Vorschriften nicht ganz entsprechenden Mehle.

2. Der Durchschnitt der vorschriftsmäßigen Mehle ist dem der Abfallmehle (Nr. 6 und 7) je nach dem Mischungsverhältnis um 55 und 66% überlegen.

3. Er übertrifft den der verfälschten Mehle (Nr. 8 bis 12) um 120 und um 216%.

4. Die vorschriftsmäßigen Mehle erwiesen sich im Durchschnitt genau $2^1/_6$ mal wertvoller als die vorschriftswidrigen.

Dazu ist zu bemerken, daß es sich bei den vorschriftsmäßigen wie bei den vorschriftswidrigen Mehlen nicht um beliebig ausgewählte und zusammengestellte Mehlsorten handelte, sondern daß nur solche Mehle

zur Untersuchung gelangt sind, die Evans von einer großen Zahl amerikanischer Gießereien als Proben wirklicher Kernmacherei-Gebrauchsmehle eingesandt worden waren.

Quelline.

Gewöhnliche Stärke bildet nur mit heißem Wasser Kleister, von kaltem Wasser wird sie nicht angegriffen. Die Aufbereitung von Mehlkernmassen mit heißem Wasser ist umständlich, erfordert gute Erfahrungen, äußerst gewissenhafte Arbeit und ist infolge des unvermeidlichen säuerlich muffigen Geruches der Masse nicht gerade angenehm. Man hat sich daher bemüht, Stärkemehle in kaltem Wasser löslich zu machen und vermochte schließlich mit den Verfahren nach dem D. R. P. Nr. 157 896 und 166 259 das erstrebte Ziel zu erreichen. Nach dem Patente Nr. 157 896 wird Stärke beliebiger Art und Herkunft in Gegenwart eines Gemisches von Wasser und eines mit Wasser mischbaren Alkohols mit Ätzkali behandelt, danach in üblicher Weise neutralisiert und abgeschleudert oder abgepreßt. Nach dem Patente Nr. 166 259 wird dasselbe Ziel erreicht durch Behandlung der Stärke in der konzentrierten Lösung eines Natron- oder Kalisalzes (die mit Stärke keinen Kleister bildet) mit Ätzkali- oder Natronlauge. Durch beide Verfahren wird die Stärke kaltwasserlöslich gemacht und zugleich ihre Bindekraft wesentlich erhöht. Derart verbesserte Stärke ist in Form eines weißen Pulvers als Quelline[1]) im Handel. Sie wird in Mengen von etwa 1 Gewichtsprozent trockenem Sande (kein Kernsand, sondern tonfreier Abfallsand, Mauersand u. dgl.) beigemischt. Beim folgenden Anfeuchten des Gemenges mit kaltem Wasser löst sich die Quelline und verkittet die bis dahin losen Sandkörner untereinander. Die mit solcher Masse hergestellten Kerne brauchen nicht erst im Kernkasten zu erstarren, sie haben Bindekraft genug, um sofort nach dem Einstampfen aus den Büchsen genommen werden zu können. Die getrockneten Kerne sind sehr fest und luftig und bedürfen bei geringen und mittleren Abmessungen keiner Kerneisen. Nach dem Gusse zerfällt infolge der Glühwirkung des abkühlenden Gußstückes die Quelline, wodurch der Sand seinen Zusammenhalt verliert und durch leichtes Klopfen zum Ausrieseln gebracht werden kann.

Das Arbeiten mit Quelline ist bedeutend sauberer und angenehmer als mit heißen Sand-Mehlbreien. Beim Trocknen und Gießen entstehen keine übelriechenden Dämpfe und Gase, es ist beim Gusse die Gasentwickelung überhaupt recht gering. Quellinekerne verändern ihre Form und Abmessungen im Trockenofen nicht. Quelline ist im Gebrauche sparsam, 1 kg Quelline kommt an Bindekraft etwa 4 kg

[1]) Quelline wird von der Firma Kantorowicz & Co. in Breslau IV vertrieben.



Dextrin, 6 kg Sulfitlauge und 8 kg Melasse gleich. Quellinesand kann ohne Gefahr des Verderbens einige Tage liegen bleiben, und getrocknete Quellinekerne lassen sich, da sie nicht hygroskopisch sind, lange aufbewahren [1]).

Dextrin.

Dextrin wirkt ähnlich wie Stärkemehl auf Kernsandmischungen, bietet aber in der praktischen Verwendung den pflanzlichen Mehlen gegenüber manche Vorteile. Es hat die gleiche chemische Zusammensetzung wie Stärkemehl, Holzfaser und Zucker und entsteht durch Erhitzen von Stärkemehl auf 160 bis 200° C. Zu seiner Darstellung im großen erhitzt man Stärkemehl in schrägliegenden, sich um die Längsachse bewegenden eisernen Zylindern oder in flachen eisernen Gefäßen, in denen ein Rührwerk tätig ist, auf etwa 200°. Der so gewonnene Röstgummi ist seiner braunen Farbe wegen für viele Zwecke ungeeignet und darum verhältnismäßig billig. Für die Kernmacherei eignet er sich genau ebensogut wie der teurere gebleichte Dextringummi. Man löst ihn in heißem Wasser und mischt ihn mit scharfem, halbangefeuchtetem Kernsande. Die Kerne gewinnen schon beim Trocknen in gewöhnlicher Luft genügend Halt, um aus den Büchsen genommen werden zu können, und werden dann bei etwa 150° C vollends getrocknet. Sie lassen sich leicht aus den Abgüssen entfernen, sind aber gegen Feuchtigkeit noch empfindlicher als Mehlkerne. Im gut trockenen Zustande können sie eine Festigkeit von 0,8 kg/qcm ereichen, die aber bei feuchtem Wetter oder unter der Wirkung nassen Formsandes rasch nachläßt. Ein Zusatz von Sulfitlauge erhöht die Festigkeit. Dextrin- oder, wie die Amerikaner sie bezeichnen, Gummikerne dürfen darum in nasse Formen erst unmittelbar vor dem Abgießen eingelegt werden. Man muß sie gründlich entlüften, obgleich sie verhältnismäßig wenig Rauch entwickeln.

Gutes Dextrin soll nicht mehr als etwa 9,5 % Wasser, 3,6 bis 4,8 % Zucker und höchstens 0,35 % Asche enthalten. Man prüft es durch Erhitzung auf einem Platinbleche, wobei sich nach dem Verbrennen kein Rückstand zeigen darf. Dextrinlösungen sollen durch Jodzusatz nicht verändert werden, dabei etwa auftretende blaue oder violette Färbungen weisen auf Verunreinigungen durch Kalk oder andere Beimengungen hin.

Auswahl und Bemessung des zweckdienlichsten Kernbinders.

Die Art der Mischung des Kernsandes hängt von der Art des zu vergießenden Metalles und der Form und Beanspruchung des zu fer-

[1]) Angaben über Mischungsverhältnisse und Gebrauchsanweisung siehe S. 238/39, 240 u. 242.

tigenden Kernes ab. In Graugießereien, die Abgüsse von mannigfaltig wechselnder Form und Größe herstellen, kommt man im allgemeinen mit Kernsandmischungen aus, deren Bindekraft allein auf ihrem Gehalt an den natürlichen Bindern, Kaolin und Ton, beruht. Je nach den Festigkeits- und Hitzebeanspruchungen wechselt das Verhältnis zwischen dem Sand- und dem Tongehalte. Wenig beanspruchte Kerne werden aus gewöhnlichem Formsand hergestellt und naß abgegossen, stärker beanspruchte erhalten einen größeren Tongehalt, der es erlaubt, sie zu trocknen, hochbeanspruchte Kerne werden aus noch tonreicherer Masse angefertigt, und die höchstbeanspruchten aus Lehm, der überwiegend aus Ton besteht und nur wenig Sand oder andere Lockerungsmittel enthält. Mit Lehm können die festesten und hitzebeständigsten Kerne hergestellt werden, die im Gießereibetriebe überhaupt verwendet werden; kein künstlicher Binder vermag einer Kernsandmischung auch nur annähernd die Festigkeit zu verleihen, die ein hartgebrannter Lehmkern erreichen kann. Den Lehmkernen haften aber einige große Übelstände an. Ihre Herstellung ist wenig einfach und nimmt infolge des gewöhnlich notwendigen, wiederholten Trocknens ziemlich viel Zeit in Anspruch. Sie bedürfen fast immer einer eisernen Rüstung (Kerneisen) und erfordern Zwischenschichten, die die Schwindung erleichtern und das Entfernen der Kernmasse aus den Abgüssen vereinfachen. Die Beseitigung der Lehmkernmasse wird gerade bei den festesten, sand- und lockerungsmittelarmen Kernen infolge ihrer großen Härte zu einer Arbeit, die nur schwierig und unter Aufwand hoher Lohnkosten auszuführen ist. Mit Ausnahme der Gas- und Wasserleitungsdruckröhren, die infolge ihrer einfach zylindrischen Form zur Ausführung mit Lehmkernen vorzüglich geeignet sind, eignet sich darum fast keine Massenware der Graugießerei zur Herstellung mit Lehmkernen. Sandkerne haben aber für viele Fälle nicht die erforderliche Festigkeit, Massekerne hemmen die Schwindung und sind nach dem Gießen schwierig zu entfernen — es war darum genügend Anreiz vorhanden, um nach Kernmassen von höherer Wertigkeit zu forschen.

Die preiswerte Herstellung einiger Massenabgüsse, wie Heizkörper (Radiatoren) und gußeiserner Warmwasserheizungskessel (Gliederkessel), die heute eine Reihe sehr großer Werke zum Teil ausschließlich beschäftigt, ist nur mit Öl- und Mehlkernmassen möglich. Man kann freilich einen Radiator auch mit einem gewöhnlichen Sandkerne gießen. Ein solcher Kern muß ein kräftiges Kerneisen erhalten, er muß auf eine größere Zahl Stützen gestellt werden, weil gewöhnliche Sandkernmassen nicht fest genug sind, um sich auf größere Strecken frei zu tragen; die Wandstärke des Abgusses darf ein gewisses Mindestmaß nicht unterschreiten, sonst platzt das Gußstück infolge des zu harten Kernes schon beim

Abkühlen, und die Entfernung des Kerneisens und des Kernsandes aus dem Abgusse kostet vielleicht ebensoviel wie heute der ganze Radiator. Ein Ölsandkern ist dagegen rasch und billig anzufertigen, trägt sich entweder ganz frei oder bedarf nur eines kräftigen, später leicht ausziehbaren Drahtes als Kerneisen; die Kernstützen sinken auf eine Mindestzahl, die Wandstärke kann so gering bemessen werden, als erforderlich ist, um das Auslaufen des Eisens zu sichern — denn der Kern leistet der Schwindung wenig Widerstand — und die Kernmasse rieselt nach dem Gusse fast von selbst aus dem Stücke heraus. Nur mit Hilfe solcher Kerne ist es dem gußeisernen Heizkörper möglich geworden, die schmiedeeisernen Heizrohre vollständig aus dem Felde zu schlagen und an Heizwirkung wie Wirtschaftlichkeit den Sieg davonzutragen. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Niederdruckdampf- und den Warmwassergliederkesseln; noch vor 15 Jahren konnte man den Gedanken, mit gußeisernen Heizkesseln das Schmiedeisen zu verdrängen, mitleidig belächeln — heute sind viele hunderttausend gußeiserne Kessel in allgemeinbefriedigendem Betriebe. Spielte bei den Radiatoren der Ölkern die ausschlaggebende Rolle, so war beim Heizkessel der Mehlkern der zum Siege führende Talisman.

Radiator und Gliederheizkessel sind besonders hervorragende Beispiele, es gibt aber noch eine ganze Reihe von Gußwaren, die nur auf Grund besonderer Kernsandmischungen Entwicklung und Verbreitung gefunden haben; es darf da nur an manche Gußstücke der amerikanischen Automobilindustrie erinnert werden, die ja viel mehr in die Breite und ins Massenhafte geht als die unsere. Kernsandmischungen mit künstlichen Bindern verdienen darum gewiß eine wesentlich größere Beachtung, als ihnen in deutschen Gießereien heute noch meistens zuteil wird. Hat sich die Behandlung von Öl- und Mehlkernsanden einmal auch bei uns eingebürgert, so werden sich unzweifelhaft da und dort heute noch ungeahnte Möglichkeiten und Fortschritte ergeben. Ein Hindernis liegt freilich in den in Deutschland noch so ziemlich allgemeinüblichen Trockenkammern mit unmittelbarer Feuerung, mit denen es ziemlich schwer ist, bestimmte Temperaturen genügend genau einzuhalten; immerhin lassen sich bei entsprechender Sorgfalt auch mit solchen Kammern gute Öl- und Mehlsandkerne erzielen. Es lohnt sich schon, der Sache nachzugehen, man muß nur mit gehöriger Gründlichkeit verfahren und darf Mißerfolge beim ersten Suchen nicht scheuen.

Vor allem handelt es sich darum, die in jedem Falle bestgeeigneten Sandsorten und die richtigen Binder zu ermitteln. Die meisten Gießereien sind in der Lage, Sandsorten von recht verschiedener Beschaffenheit zu beziehen, es muß also die für einen bestimmten Binder, z. B. Leinöl, bestgeeignete Sandart und Sandmischung fest-

gestellt werden. Unterläßt man dies und wählt nach allgemeiner Beurteilung eine Sandsorte aus, so ist es wenig wahrscheinlich, daß man gerade die beste erwischt, und man erlangt damit Kerne, die nicht die höchste Festigkeit haben, die zu viel Öl erfordern, oder die eine zu lange Trockenzeit notwenig machen. Um die richtige Auswahl treffen zu können, muß vor allem durch eine Siebprobe[1]) die Körnung der verfügbaren Sandsorten festgestellt werden.

Die folgende Zahlentafel gibt die Körnung zweier amerikanischen Kernsande an[2]). Beide Sandarten sind ziemlich regelmäßig gekörnt, bei der einen werden 72% vom 40er Sieb zurückgehalten, während

Sandkörnungen, ermittelt durch Sieben des Sandes durch abgestufte Maschenweiten.

Grobkörniger Sand		Feinkörniger Sand	
Anzahl der Maschen je Quadratzoll	Zurückbleibendes Sandgewicht %	Anzahl der Maschen je Quadratzoll	Zurückbleibendes Sandgewicht %
20	0	20	0
40	72	40	1
60	17	60	2
80	9	80	21
100	1	100	3
100 +	1	100 +	73
Mittlere Körnung 28		Mittlere Körnung 88	

bei der anderen 73% noch durch das 100er Sieb gefallen sind. Da ein Sand um so luftiger ist, je gleichmäßiger seine Korngrößen sind, so lassen beide Sorten gute Gasdurchlässigkeit erwarten; die erste Sorte wird des gröberen Kornes halber für größere, die zweite ihres feinen Kornes wegen für feinste Abgüsse verwendet.

Die Gasdurchlässigkeitsprobe kann auch unmittelbar nach Alfred B. Searle, J. Shaw oder P. K. Nielsen ausgeführt werden[3]); diese Proben sind aber kaum einfacher und für den beabsichtigten Zweck keinesfalls anschaulicher als die Siebprobe. Die genaue Kenntnis der Körnungsverhältnisse gibt zudem oft genug wertvolle Anhaltspunkte für die Mischung verschiedener Sandsorten.

Die Bildsamkeit und Bindekraft des rohen Sandes hängt von der Menge und Beschaffenheit seiner natürlichen Binder, des Ton- und Kaolingehaltes, ab. Bei Mehlkernen trägt ein mäßiger Gehalt an solchen Bindern zur Steigerung der Festigkeit bei, weshalb es sich mit-

[1]) S. 41.
[2]) Nach Foundry 1913, Dezember, S. 533.
[3]) S. 28 u. f.

unter empfehlen kann, für solche Kerne eine Mineralanalyse, durch die das im Quarz enthaltene „freie Silizium", die bindende Tonsubstanz ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O$) und der Feldspat bestimmt werden, durchzuführen. Aus dem Verhältnis der drei Hauptbestandteile wird man gewisse Schlüsse ziehen können, die aber immer der Ergänzung durch praktische Proben, die weiter unten erörtert werden, bedürfen. Im allgemeinen wird man sich damit begnügen können, mit der Mineralanalyse die bindende Tonsubstanz und nach der chemischen Analyse den Kalkgehalt zu bestimmen. Für Mehl- und Ölkerne wird, wie bei allen Kern- und Formsanden, auf möglichste Kalkfreiheit zu sehen sein; der Kalk bildet unter der Wirkung des flüssigen Metalles Kohlensäure, die die Abgüsse blasig machen kann, ferner führt ein Kalkgehalt des Sandes zum Anbrennen desselben am Formstück infolge der größeren Sinterungsneigung bei Anwesenheit von Kalk neben Kieselsäure und Ton. Bei Sand für Ölkerne muß zugleich Wert auf möglichst geringen Tongehalt gelegt werden. Am besten eignet sich für Ölkernmassen ganz scharfer, tonfreier Kieselsand.

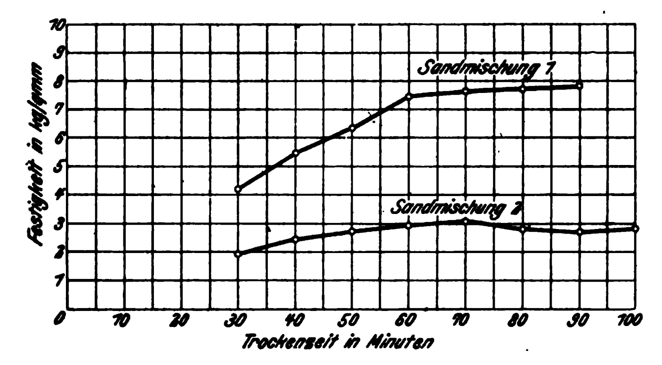


Abb. 60. Trockenzeit und Festigkeit bei verschiedenen Sandmischungen.

Hat man die bestgeeigneten Sandsorten ausgewählt, so kann zu den praktischen Versuchen geschritten werden. Zu dem Zwecke wird mit jeder Sorte mit der gleichen Menge desselben Öles, dem gleichen Wasserzusatze und unter Beobachtung durchaus gleichen Mischverfahrens eine Menge Kernsand angemacht und von jeder Mischung eine Anzahl gleicher, auf einer Kernzerreißmaschine prüfbarer Kerne angefertigt[1]). Die Kerne kommen zu gleicher Zeit in den Trockenofen. Nach bestimmten Zeitabschnitten, in 30, 40, 50 und 60 Minuten, entnimmt man dem Trockenofen einige Kerne von jeder Sorte und stellt auf der Zerreißmaschine ihre Zugfestigkeit fest. Vereinigt man dann die Zeiten und die ermittelten Festigkeitswerte zu einem Schaubilde

[1]) S. 41.

(Abb. 60)[1]), so gewinnt man völlige Klarheit über die bestgeeignete Sandmischung und die richtige Trockenzeit.

Nach Bestimmung der Sandmischung ist das für den vorliegenden Zweck und den ermittelten Rohsand bestgeeignete Öl festzustellen. Dazu wird wie bei der Bestimmung der Sandsorte vorgegangen, nur daß man jetzt dieselbe Sandsorte mit verschiedenen Ölen zu mischen hat. Die gewonnenen Werte werden wieder zu einem Schaubilde zusammengetragen (Abb. 61).

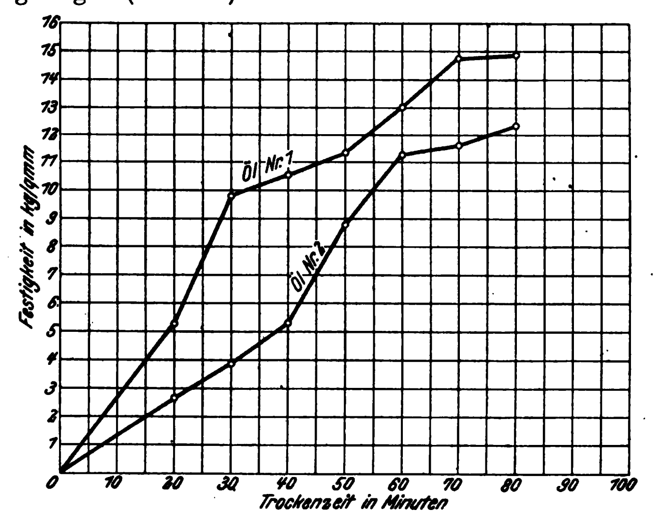


Abb. 61. Trockenzeit und Festigkeit bei Verwendung verschiedener Öle.

Handelt es sich darum, Kerne von einer bestimmten, nicht aber von höchster Festigkeit herzustellen, so wird man meist in der Lage sein, der teueren reinen Ölsandmischung Sulfitlauge zuzusetzen und damit die Rohstoffkosten zu vermindern. Die Versuche werden wie die vorigen mit verschiedenen Mischungen durchgeführt und ihre Ergebnisse in einem Schaubilde zusammengetragen.

Kernfestigkeiten bei Verwendung verschiedener Bindemittel bei gleicher Sandmischung.

Bindemittel	Zugfestigkeit des Kerns in kg/qmm					
Öl Nr. 1	9,28	9,70	10,76	10,83	10,97	11,25
Öl Nr. 2	4,15	5,83	7,10	7,59	7,66	7,94
1/2 Öl, 1/2 Sulfitlauge. . . .	4,64	4,71	4,78	4,92	4,78	4,57
Sulfitlauge.	1,55	1,69	1,62	1,62	1,55	1,62
Trockenzeit in Minuten . .	20	30	40	50	60	70

[1]) Gleich den folgenden Schaubildern nach O. F. Flumerfelt, Foundry 1913, Dezember, S. 532/4.

Die Bestimmung des Mischungsverhältnisses hängt dann nur von der zu erreichenden Festigkeit ab.

Jeder Ölsandmischung ist eine ganz bestimmte Trockenwärme und Trockenzeit eigen, bei der sie die größte Festigkeit erlangt. Wird die richtige Wärme, insbesondere aber die genaue Trockenzeit überschritten, so fallen die Kerne schwächer aus. Man muß daher, ehe man die endgültige Betriebsanweisung hinausgibt, sich auch hierüber Klarheit schaffen. Den verschiedenen Ölsorten entsprechen bestimmte Trockentemperaturen, die zum größten Teile schon mit allgemeiner Gültigkeit ermittelt sind[1]). Die Trockenzeit ist aber für jeden Sonderfall zu bestimmen. Wie die Schaulinien in Abb. 62 zeigen, läßt sich die

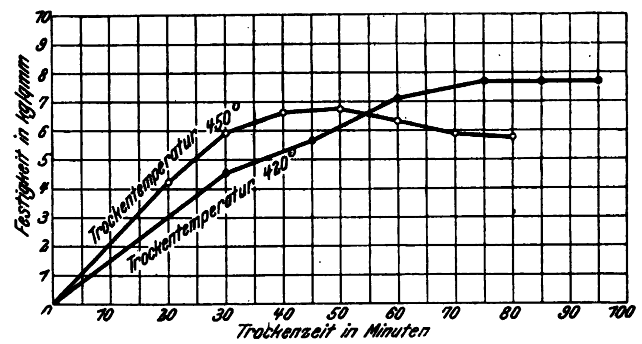


Abb. 62. Festigkeit, Trockenzeit und Temperatur.

gleiche Festigkeit mit verschiedenen Wärmegraden und verschiedene Trockenzeiten erreichen; es ist in jedem Falle Rechensache, zu ermitteln, was billiger kommt, eine niedrigere Trockenwärme oder eine kürzere Trockenzeit. Am wichtigsten ist es, unter den Verhältnissen zu trocknen, bei denen die Kerne am längsten ihre volle Zugfestigkeit behalten. Im angeführten Beispiele wurde bei 232° Trockenwärme die höchste Festigkeit schon nach 40 Minuten Trockenzeit erreicht, nach weiteren 10 Minuten begann aber die Festigkeit beträchtlich nachzulassen. Bei 215° Trockenwärme wurde die höchste mit 232° erreichte Festigkeit zwar erst in etwa 55 Minuten erlangt, sie stieg aber dann noch weiter und erfuhr selbst nach 95 Minuten noch keine Abnahme. In dem Falle war darum die niedrigere Trockentemperatur vorzuziehen.

Dem Trockenvorgange muß ebenso wie der gründlichsten Mischung[2]) große Sorgfalt gewidmet werden. Bei ungenügenden Wärmewirkungen können die Kerne von außen gut getrocknet erscheinen, während sie im Inneren noch weich sind. Diese recht häufige Mängelquelle wird immer wieder zu wenig beachtet. Wird dagegen die Trockenwärme

[1]) Stahl und Eisen 1912, 25. Januar, S. 146/50.

[2]) S. 70/71.

zu ausgiebig, so verdampft ein Teil des Binders, die Kerne verlieren an Festigkeit oder zermürben und verbrennen bis zur auffälligen Unbrauchbarkeit. Fast sollte man im Falle einer Übertrocknung die letzte Wirkung vorziehen, sieht man doch klar und kann zum mindesten noch die Formen retten.

Große Betriebe gehen immer mehr dazu über, ihre Trockenkammern auch bei Nacht beaufsichtigen zu lassen. Die entstehenden Kosten werden durch die gleichmäßige Güte der Kerne reichlich aufgewogen. Die Wärmemessungen sollen nur mit guten Instrumenten vorgenommen werden. Am besten bewähren sich selbstaufzeichnende Wärmemesser, die im Falle einer Unachtsamkeit den verantwortlichen Leuten jede Ausrede abschneiden.

D. Schutzstoffe zum Überziehen der Formen.

Allgemeines.

Der Zusatz von Steinkohlenstaub zum Formsande reicht in den meisten Fällen nicht aus, die Formen vor dem Anbrennen zu schützen; sie bedürfen im allgemeinen noch besonderer Schutzdecken. Diese sind verschieden, wenn es sich um naß abzugießende, grüne Formen, und wenn es sich um trockene Formen handelt. Für nasse Formen kommen nur Überzugsstoffe in Frage, die sich staubförmig auftragen lassen, während für trockene Formen breiartig angemachte Stoffe verwendet werden. Bei nassen Formen kommen Überzüge aus Holzkohle und aus Graphit in Frage; nicht selten werden auch beide Überzüge vereinigt.

Die Holzkohle wirkt dadurch, daß sie unter der Hitze des in die Form strömenden Eisens verbrennt, wodurch eine Gasschicht entsteht, die die unmittelbare Berührung zwischen dem flüssigen Metalle und dem Formsande verhindert. Dadurch wird die Hitzewirkung des flüssigen Metalles auf den Sand herabgemindert und insbesondere verhütet, daß etwaige Bestandteile des Formsandes, die mit dem flüssigen Eisen als Flußmittel für die übrige Masse des Sandes wirken würden, gefährlich werden. Mit Holzkohlenstaub behandelte Formen liefern darum glatte Abgüsse von sauberem Aussehen. Die Wirkung des Holzkohlenstaubes reicht aber nur für kleinere und dünnwandige Abgüsse aus. Für Abgüsse mit größerer Wandstärke verwendet man Graphitstaub, der eine unverbrennliche Zwischenschicht bildet und so einen wirksameren Schutz gewährt. Graphitstaub wie Holzkohlenstaub werden in Beutel aus feinem Leinen oder Schirting gefüllt, die man vor, über oder in der Form kräftig schüttelt, so daß sich eine Staubwolke bildet und an den Wänden der Form absetzt. Die Feuchtigkeit der Form reicht aus, um den Holzkohlenstaub, der begierig Feuch-

tigkeit anzieht, gut haften zu lassen. In die gestaubte Form wird das Modell behutsam wieder eingelegt und leicht aufgepreßt, wodurch eine polierte Oberfläche entsteht, die alle Feinheiten eines verzierten Modelles wiedergibt. Graphitstaub ist nicht fein genug, um dem gleichen Zwecke mit ebenso gutem Erfolge zu dienen. Er gleicht feine Linien aus und bewirkt so stumpfere Abgüsse. Trotzdem ist er für Formen starkwandiger Abgüsse unentbehrlich. In eine mit Graphit gestaubte Form darf das Modell nicht ohne weiteres gedrückt werden. Der Graphit bliebe teilweise am Modell haften und zöge beim Ausheben einen Teil des Sandes mit sich. Infolge seiner Eigenschaft, nach Aufnahme von Feuchtigkeit klebrig zu werden, läßt er sich auch nicht ohne weiteres mit dem Polierwerkzeug behandeln. Darum muß über die Graphitschicht noch eine Schicht aus Holzkohlenstaub gestäubt werden, ehe man die Form weiter behandeln kann.

Die Überzüge für getrockenete Formen bestehen aus in Wasser gelöstem Graphit mit Zusätzen von Koksmehl, Ton und anderen Stoffen.

Der Holzkohlenstaub und seine Ersatzstoffe.

Holzkohlenstaub dient vorzugsweise zum Einstäuben der Modelle, damit sie sich besser vom Formsande lösen. Nebenbei bewirkt er bei dünnwandigen Abgüssen eine saubere Oberfläche, da er beim Gießen verbrennt und ähnlich wie der Steinkohlenstaub eine schützende Gashülle um die Sandoberfläche bildet. Die letzte Wirkung wird von der Entzündbarkeit des Holzkohlenstaubes wesentlich beeinflußt. Je rascher der Staub sich entzündet, desto plötzlicher werden Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserstoff entwickelt, und um so leichter kann der Fall eintreten, daß diese Gase sich verflüchtigen, noch ehe sie eine Schutzwirkung ausüben konnten. Schwerentzündlichkeit ist darum eine für den Gießer wertvolle Eigenschaft des Holzkohlenstaubes. Sie hängt von der Lagerung der Kohlenstoffatome ab, die bedingt wird durch die Holzart, das Verkohlungsverfahren und die Art und den Grad der Zerkleinerung.

Laubholzkohlen bewähren sich besser als Nadelholzkohlen, und unter den Laubholzkohlen werden Birken- und Erlenkohlen, die einen leichteren und feineren Staub ergeben als Buchenkohlen, bevorzugt. Nadelholzkohlen verbrennen rascher als Hart- (Laub-) Holzkohlen und liefern infolgedessen weniger tadellose Gußflächen. Unter dem Mikroskope erscheint Nadelholzkohlenstaub faseriger als Laubholzkohlenstaub, der mehr rundliche Körnung hat. Der fertig gemahlene Holzkohlenstaub läßt nur beiläufige Schlüsse auf seine Herkunft zu; völlig sicher geht man nur bei Einkauf von Stückkohle und ihrer Vermahlung im eigenen Betriebe. Die Holzkohle bewahrt die Form und Struktur des Holzes, sie enthält im Querbruch die Jahresringe, im Längsbruch

die Faserform und weist die Form der Rinde des verkohlten Holzes aus, genügend Anhaltspunkte, um danach ihre Herkunft zweifelsfrei zu bestimmen. Allgeneine Kennzeichen hoher Güte sind schwarze, möglichst blaustichige Farbe, deutlicher Metallklang beim Aufschlagen an einen harten Gegenstand, Geschmack- und Geruchlosigkeit, Nichtabfärben an der Hirnfläche und das Anhaften kleinerer Stückchen an der Zunge.

Von den drei heute in Frage kommenden Gewinnungsverfahren, der Meiler-, Ofen- und Retortenverkohlung, liefert das erste die beste Gießereiholzkohle, denn sie beläßt der Kohle den größten Kohlenstoffgehalt. Nach E. A. Schott[1]) haben nach den verschiedenen Verfahren gewonnene Holzkohlen im Mittel folgende Zusammensetzung:

Holzkohlen aus	Kohlenstoff %	Wasserstoff %	Sauer- und Stickstoff %	Asche %	Endwärme der Verkohlung °C
Meilern	90,36	2,74	5,72	1,10	600
Öfen mit Luftzutritt . . .	84,18	3,32	11,72	0,78	500
Retorten	81,15	4,24	13,64	0 97	350

Die Verkohlung in Meilern währt 10 bis 14 Tage, in Retorten etwa 24 Stunden und in Öfen mit Luftzutritt 3 bis 4 Tage. Bei der langsamen, anfänglich mit sehr niedriger Temperatur verlaufenden Meilerverkohlung entweicht das hygroskopisch gebundene Wasser, noch ehe eine lebhafte Zersetzung des Gases eintritt, und vermag darum keinen zersetzenden Einfluß auf den Rückstand auszuüben. Der Rückstand wird dichter und kohlenstoffreicher als bei der Retortenverkohlung, wo infolge der rasch einsetzenden hohen Temperatur die frei werdenden Wasserdämpfe im Verein mit der Kohlensäure einen Teil der glühenden Kohle unter Bildung von Wasserstoff zu Kohlenoxyd verbrennen.

Von wesentlichem Einflusse auf die Güte des Holzkohlenstaubes ist die Art seiner Zerkleinerung. Im Mörser oder in einem Pochwerk zerkleinerte Kohle weist scharfkantigere Körner auf als gemahlene Kohle, die aus runden und walzenförmigen Körnern besteht. Die Zerkleinerung in Kugelmühlen liefert eine Körnung, die etwa die Mitte zwischen gepochter und auf einem Kollergang gemahlener Kohle hält. Wird der Staub aus einer Kugelmühle durch Windsichtung abgesogen und so dem Totmahlen vollständig vorgebeugt, so kann eine Körnung gewonnen werden, die der im Mörser erzielten nichts nachgibt. Durch Siebe aus feiner Müllergaze läßt sich nur schwer feinste Körnung gewinnen, weil der Holzkohlenstaub infolge seines plastischen Gefüges sich rasch zu einer Staubhaut verbindet, die die Maschen der

[1]) Gieß.-Zeitg. 1913, S. 692.

Gaze undurchlässig macht. Scharfkantige Körner haben größere Plastizität, bilden rascher eine Halt gewährende Haut und haften besser an der Formoberfläche. Sie lassen sich leichter mit dem Polierzeug an die Sandflächen festdrücken als kugelige Körner, die dazu neigen, unter dem Drucke des Polierwerkzeuges sich abzulösen und abzufallen.

Die Plastizität nimmt mit der Feinheit des Staubes zu. Die Feinheit läßt sich leicht prüfen, indem man eine Probe auf eine Wasserfläche bringt. Guter, feiner Staub sinkt bald in zusammenhängenden Flocken unter, während gröberer und leichterer Staub ziemlich lange und in breiter Schicht an der Wasseroberfläche bleibt. Hier ist aber leicht ein Trugschluß möglich, wenn der Staub einen größeren Aschengehalt hat, der infolge seines höheren spezifischen Gewichtes verhältnismäßig rasch sinkt.

Über den verschiedenen Aschengehalt gibt die folgende Zahlentafel nach C. Henning[1]) Auskunft, der die Zusammensetzung gekaufter und im eigenen Betriebe gewonnener Holzkohlenstaubsorten zu entnehmen ist.

	Staub aus reiner Kohle			Gekaufter Staub von Lieferant I		Gekaufter Staub von Lieferant II	
	Buche	Birke	Kiefer	Buche	Birke	Birke	Birke (spätere Lieferg.)
Volumgewicht	0,483	0,316	0,277	0,5347	0,499	0,6065	0,514
	%	%	%	%	%	%	%
Feuchtigkeitsgehalt . . .	3,88	4,17	3,89	5,12	4,35	4,37	4,95
Aschengehalt	1,10	0,72	1,33	2,96	3,14	6,45	3,50
Alkalität der Asche auf Kohlensäure berechnet .	10,22	8,90	15,77	5,81	5,65	4,66	5,61
Glühverlust im Wasserstoffstrom in 30 Minuten bei gleichbleibender Flamme	20,70	16,4	20,6	8,2	17,20	16,30	20,0

Der Gehalt an Asche ist bei den gekauften Stauben beträchtlich höher als bei den im eigenen Betriebe hergestellten. Der Birkenstaub von Lieferant I hatte 336% (3,14 — 0,72 = 2,42 = 336%), der des Lieferanten II gar 800% (6,45 — 0,72 = 5,73 = 800%) zuviel Asche.

Die Volumgewichte der gekauften Sorten sind erheblich höher als die der selbstgemahlenen. Der Birkenholzkohlenstaub von Lieferant I ist um 57% (0,499 — 0,316 = 0,183 = 57%), der von Lieferant II gar um 92% (0,6065 — 0,316 = 0,290 = 92%) schwerer als der selbstgemahlene. Das beweist, daß die fremden Sorten Beimengungen enthielten, die ein größeres spezifisches Gewicht als reine Birkenholzkohle haben.

[1]) Stahl und Eisen 1910, S. 906 u. f.

Ein Aschengehalt von 5 bis 6%, der von mancher Seite als zulässig erachtet wird[1]), mag an sich wenig schaden, es ist aber wirtschaftlich verfehlt, die zum mindesten wertlose Asche als Holzkohle zu bezahlen. Ein Gehalt von mehr als 1,5% Asche läßt immer auf Beimengungen schließen, seien es nun unbeabsichtigte infolge von Nachlässigkeiten beim Betriebe des Meilers oder böswillige zur Erzielung eines höheren Gewinnes.

Der Wassergehalt bietet nichts Auffallendes. Selbst vollkommen trockener Holzkohlenstaub nimmt in freier Luft rasch bis zu 5% Wasser auf; ein darüber hinaus gehender Wassergehalt würde aber zu beanstanden sein.

Die Alkalität der Asche ist bei den gekauften Kohlenmehlen wesentlich geringer als bei den selbst hergestellten, wiederum ein Beweis fremder Beimengungen. Der Birkenkohlenstaub I hat 36% (8,90 — 5,65 = 3,25 = 36%), der von Lieferant II 47% (8,90 — 4,66 = 4,24 = 47%) zuwenig Alkalität.

Der Glühverlust ist bei allen Sorten annähernd gleich. Da aus den vorhergehenden Feststellungen das Vorhandensein von fremden Beimengungen feststeht, folgt, daß die Feststellung des Glühverlustes keine geeignete Handhabe zur Ermittlung von fremden Beimengungen bietet. Es stehen eben Stoffe mit annähernd richtigem Glühverluste zur Verfügung.

Es wird sich darum immer empfehlen, neben den grundlegenden Laboratoriumsuntersuchungen noch eine Wasserprobe (s. o.) oder eine Ausstrichprobe vorzunehmen. Für die letzte wird etwas Staub auf eine mit glattem Papier belegte Glasscheibe ausgebreitet und mit der Lupe und einem Spachtel untersucht. Die Lupe läßt Fremdkörper erkennen, und der Spachtel muß sich über die ausgebreitete Staubschicht führen lassen, ohne ein knirschendes Geräusch zu bewirken. Läßt sich ein solches vernehmen, so ist die Zerkleinerung ungenügend.

Holzkohlenstaub wird mitunter durch Zusatz von Braun- oder Steinkohle verfälscht. Solche Fälschung läßt sich nach folgendem Verfahren nachweisen: Man erhitzt ein 3 bis 4 mm starkes Blech auf Rotglut, schüttet die zu untersuchende Probe darauf und hält sofort mit einer Zange ein zweites metallisch reines Blech in etwa 7 bis 8 cm Entfernung darüber. Zeigt sich am oberen Bleche kein Ruß und bleibt am unteren Bleche nur Asche ohne Koks zurück, so war die Probe frei von Braun- und Steinkohlenbeimischungen. Zeigt sich dagegen am oberen Bleche Ruß bei gleichzeitiger Koksfreiheit der am unteren Bleche entstandenen Asche, so liegt eine Verfälschung mit Braunkohle vor. Entstehen oben Ruß und unten Koks, so handelt es sich um einen Steinkohlenzusatz. Etwaige Koksbildung auf der unteren Platte

[1]) Dr. Fritz Leiße, Gieß.-Zeitg. 1914, S. 157.

läßt sich durch Lösung der Asche in Wasser, wobei die Koksteilchen an der Oberfläche schwimmend bleiben, oder mit Hilfe einer Lupe feststellen. Beim Glühen muß sehr rasch verfahren werden, um beim Abfangen der entstehenden Flamme mit dem darüber gehaltenen Bleche nicht zu spät zu kommen [1]).

Als Ersatz für Holzkohlenstaub wird mitunter ein fein gemahlenes inniges Gemenge von getrocknetem Ton (Kaolin) und Koks verwendet. Der Koksstaub wirkt ähnlich, wenn auch in wesentlich geringerem Maße wie die Holzkohle. Infolge seiner geringen Neigung, Wasser aufzunehmen, würde er aber unvermischt nicht fest genug haften und vom strömenden Metalle fortgeschwemmt werden. Der beigemengte Ton ist stark wasseranziehend und bewirkt ein gutes Haften am Formsand. Der Erfolg dieses Ersatzmittels ist aber recht bescheiden, es liefert weniger scharfe und weniger glatte Abgüsse.

In Einzelfällen verwendet man wohl auch feinst gemahlenes Quarzpulver, das eine dünne Glasur auf der Form bildet. Es kommt dabei auf allerfeinste Körnung und nachheriges Einklopfen des Modelles oder gründliches Auspolieren an. In Fällen, wo sich das Stauben mit kohlehaltigen Stoffen wegen der Weiterverarbeitung der Abgüsse, z. B. durch Emaillierung oder Inoxydierung, verbietet, werden damit verhältnismäßig gute Erfolge erzielt. Das Quarzpulver wird unvermischt oder mit Ton- (Kaolin-) Zusätzen verwendet.

Der Graphit und seine Ersatzstoffe.

Der Graphit bildet infolge seiner hohen Feuerbeständigkeit das wirksamste Schutzmittel der Formoberflächen gegen die Hitzewirkungen des flüssigen Metalles. Er wird auf naß abzugießende Formen gestaubt, auf Trockenformen als dünner Brei aufgetragen. Zum Einstauben dienen kleine Säckchen aus Leinen oder Schirting, die mit Graphit vor und über den Formen kräftig geschüttelt werden, so daß Staubwolken entstehen und die Form mit einer feinen, gleichmäßigen Graphitschicht überziehen. Die Befestigung dieser Schicht erfolgt mittels der verschiedenen Polierwerkzeuge oder indem man auf die Graphitschicht — um ihrer Klebrigkeit zu begegnen — eine Schicht von Holzkohlenstaub beutelt, das Modell wieder in die Form bringt und dort sanft festdrückt. Der Feuchtigkeitsgehalt nasser Formen reicht vollkommen aus, um so aufgetragenen Graphitschichten ausreichend Halt zu gewähren. Auf die trockenen Flächen von Sand-, Lehm- oder Masseformen gestäubter Graphit würde aber nicht genügend Halt gewinnen, um der fortschwemmenden Wirkung des Metallstromes zu widerstehen. Auch das Aufbeuteln vor dem Trocknen der Form gewährt hier nicht genügend Sicherheit, der aufgestaubte Graphit würde

[1]) Nach E. Schütz, Zeitschrift f. d. ges. Gieß.-Praxis, 1918, S. 342.

während des Trockenvorganges die ursprünglich gute Verbindung mit der Form wieder verlieren. Für solche Formen wird der Graphit in Wasser gelöst und mit verschiedenen Zusätzen (s. weiter unten) mit Pinseln, Bürsten, Hanfzöpfen, mitunter auch durch Aufspritzen, Überschütten oder durch Eintauchen auf die Form- oder Kernoberfläche gebracht.

Der Graphit ist ein seit den ältesten Zeiten bekanntes Mineral aus der Ordnung der Metalloide, das in größeren und kleineren Lagern an mannigfaltigen Stellen der Erdoberfläche vorkommt[1]), in hexagonalen dünnen Tafeln oder kurzen Säulen kristallisiert, häufiger aber in blättrigen, schuppigen oder dichten Ablagerungen, mitunter auch als Gemengteil anderer Gesteine auftritt. Chemisch wird heute als Graphit jene kristallinische Modifikation des Kohlenstoffes bezeichnet, deren spezifisches Gewicht nahezu gleich 2,2 ist und die durch Kaliumchlorat und rauchende Salpetersäure zu Graphitsäure (Graphitoxyd) oxydierbar ist. Der Graphit ist grauschwarz, undurchsichtig, in dünnen Blättchen biegsam, färbt stark ab, fühlt sich fettig an und enthält stets neben dem Kohlenstoffe eine gewisse Menge unverbrennlicher Bestandteile als Asche und außerdem fast stets einen geringen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Die folgende Zahlentafel[2]) zeigt die Zusammensetzung verschiedener roher Graphite und ihrer Aschen.

Bei der Bewertung des Graphits in pyrometrischer Hinsicht kommt es außer auf seinen Kohlenstoffgehalt — unter sonst gleichen Umständen wird selbstredend stets der kohlenstoffreichere Graphit vorzuziehen sein — ganz besonders auf Art und Menge der begleitenden Fremdkörper an, insbesondere auf das Verhältnis der Tonerde zu den Flußmitteln und zur Kieselsäure. Die genaue chemische Analyse gibt im allgemeinen zuverlässigen Anhalt. Weist sie aber gleichkommende Werte auf, so empfiehlt es sich, praktische pyrometrische Versuche entscheiden zu lassen. Der Kohlenstoffgehalt, läßt sich unmittelbar nach dem Verbrennungsverfahren im Sauerstoffstrome bestimmen. Die Probe wird gepulvert und nach Ausziehung etwa vorhandener Karbonate mit Salzsäure ein Teil im Gewichte von 0,1 bis 0,2 g genau abgewogen und wie bei der Verbrennung organischer Stoffe verbrannt. Viele Graphite sind von Schwefelkies begleitet, weshalb im Verbrennungsrohre außer Kupferoxyd auch chromsaures Blei vorzulegen ist.

---

[1]) Die erste Stelle unter den Graphit erzeugenden Ländern nimmt Österreich mit jährlich 40425 t (i. J. 1907) ein. Ihm folgen Ceylon 36578 t (1906), Italien 9260 t, Deutschland 4844 t (1908), Indien 2472 t (1907), die Vereinigten Staaten 1557 t (1908), Mexiko 1076 t (1908) und Japan, Schweden und Kanada mit weniger als 1000 t. (Z. f. pr. Geologie 1910, Januar, S. 10/17.)

[2]) Auszug einer Zahlentafel aus dem Werke „Der Graphit“ von Ed. Donath, Leipzig u. Wien, 1904, S. 69.

Fundort	Flüchtige Bestandteile	Kohlenstoff	Asche	Proz. Zusammensetzung der Asche: Kieselsäure	Tonerde	Eisenoxyd	Kalk und Magnesia	Alkalien und Verlust
Cumberland, sehr schöne Sorte	1,10	91,55	7,35	52,5	28,3	12,0	6,0	1,2
„ Handelsware in Pulver	6,10	78,10	15,80	58,5	30,5	7,5	3,5	—
Passau	7,30	81,08	11,62	53,7	35,6	6,8	1,7	2,2
„	4,20	73,65	22,15	69,5	21,2	5,5	2,0	1,9
Musgran in Böhmen	4,10	91,05	4,85	61,8	28,5	8,0	0,7	1,0
Ceylon, kristallisiert	5,10	79,40	15,50	—	—	—	—	—
„ Handelsware	5,20	68,30	26,50	50,3	41,5	8,2	0,0	—
Spencero Gulf in Südaustralien	3,00	50,80	46,20	63,1	28,5	4,5	—	3,9
Roheisengraphit von Creusot	—	90,80	9,20	22,5	17,5	37,5	25,5	0,5
Altstadt in Mähren	1,17	87,58	11,25	—	—	—	—	—
Zaptan in Niederösterreich	2,20	90,63	7,17	55,0	30,0	14,3	—	0,7
Ceara in Brasilien	2,55	77,15	20,30	79,0	11,7	7,8	1,5	0,0
Buckingham in Kanada	1,82	78,48	19,17	65,0	25,1	6,2	0,5	1,2
Schwarzbach in Böhmen	1,05	88,05	10,90	62,0	28,5	6,3	1,5	1,7
Ural	0,72	94,03	5,25	64,2	24,7	10,0	0,8	0,3

Die Kohlensäure wird in Natronkalkröhren aufgefangen. Da der Graphit sehr schwierig zu verbrennen ist, empfiehlt es sich, gar nicht erst unter Luft, sondern gleich von vornherein im Sauerstoffstrome zu erhitzen[1]). Wie obige Zahlentafel zeigt, besteht die Asche in der Hauptsache aus Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia, sowie aus geringen Mengen von Alkalien. Eisenoxyd ist der gefährlichste Bestandteil, da es bei höherer Temperatur unter Bildung von Kohlenoxyd zu Eisenoxydul reduziert wird und so die Feuerbeständigkeit ungünstig beeinflußt. Sehr schädlich ist ein Schwefelgehalt, der bei einigen dichten Graphiten, insbesondere Südböhmens, häufig nachzuweisen ist.

Ein etwaiger Schwefelgehalt wird am besten nach dem Verfahren von Brunk bestimmt[2]), wobei man eine von E. Donath und A. Lang angegebene Abänderung im Auge zu behalten hat[3]).

Der rohe Graphit wird durch Pochen und Mahlen zerkleinert und durch wiederholtes Schlämmen mit Wasser, Kochen mit Salzsäure und folgendes Auswaschen von einem großen Teil seiner natürlichen Verunreinigungen befreit. Sein wirtschaftlicher Wert hängt von seiner

[1]) Es gibt noch eine Reihe von Kohlenstoffbestimmungen im Graphit, die meisten stehen aber an Verläßlichkeit und Genauigkeit hinter der elementaranalytischen zurück.

[2]) Z. f. angew. Chemie, 1905, S. 448 u. S. 1560/2.

[3]) Stahl u. Eisen, 1914, S. 1849.

Reinheit ab. Die Wirkung einer gründlichen Reinigung (Raffinade) zeigt folgende Zusammenstellung[1]):

Marke	Prozentische Zusammensetzung		
	Kohlenstoff	Asche	Andere Bestandteile
Mugran, Naturgraphit . .	33,3	65,9	0,71
,, raffiniert Nr. 16	34,2	65,8	
,, ,, ,, 14	38,7	61,3	
,, ,, ,, 12	47,8	52,2	
,, ,, ,, 10	49,1	50,9	
,, ,, ,, 8	52,4	47,5	
,, ,, ,, 6	59,1	40,5	0,44
,, ,, ,, 4	60,9	38,5	0,58
,, ,, ,, 2	84,4	15,2	0,42
,, ,, ,, 1	96,1	2,6	1,27

Der im Handel befindliche Graphit ist nicht selten absichtlich verunreinigt, verfälscht, wobei hauptsächlich Beimengungen von Retortenkohle, Koks, Anthrazit, Ruß, Steinkohle, Holzkohle und gepulverter Ton in Frage kommen. Der Ton beeinträchtigt den wirtschaftlichen Wert des Graphits, während die anderen Beimengungen außerdem seine Feuerbeständigkeit beträchtlich herabmindern. In wie hohem Maße das der Fall ist, zeigen pyrometrische Untersuchungen, die von Ed. Donath und A. Lang ausgeführt wurden[2]). Der Graphit wurde dabei der Reihe nach mit je 10% Koks, Azetylenruß, Retortenkohle, Anthrazit und Holzkohle gemengt, worauf jede Mischung mit einem Drittel ihres Gewichtes feuerfesten Ton versetzt und unter der Presse zu kleinen Probezylindern geformt wurde, die man durch eine Stunde im Gastiegelofen einer Hitze von 1500° unterwarf.

Der Glühverlust betrug bei

Ceylongraphit, rein	15%
,, gemengt mit Koks	21%
,, ,, ,, Retortenkohle . . .	29%
,, ,, ,, Azetylenruß	33%
,, ,, ,, Holzkohle	49%
,, ,, ,, Anthrazit	53%

Aus diesen Glühergebnissen folgt, daß als Folge der Verfälschung neben dem Zusatze der Fremdkörper auch ein Teil des Graphits zur Oxydierung gelangte. Daher empfiehlt es sich, in allen Zweifelsfällen Untersuchungen nach etwaigen Verfälschungen anzustellen.

---

[1]) Nach Ed. Donath a. a. O., S. 74.
[2]) Nach Stahl u. Eisen, 1914, S. 1851.

Braun- und Steinkohle dürften nur in seltenen Fällen in Frage kommen; um aber den ganzen Kreis möglicher Verfälschungen zu umfassen, mag auch ihre Bestimmung kurz erwähnt werden. Braunkohle gibt bei Erwärmung mit verdünnter Salpetersäure (1 : 10) eine orangefarbene Lösung; mit Kalilauge erhitzt, färbt sie die Lösung tiefbraun. Aus der Lösung läßt sich mit Säuren ein brauner, flockiger, aus Huminsäure bestehender Niederschlag fällen. Steinkohle zeigt dieses Verhalten in beiden Fällen nicht. Sie gibt beim Erhitzen im Probierrohre ein alkalisch reagierendes Verflüchtigungserzeugnis. Der Benzolauszug der Steinkohle zeigt deutliche Fluoreszenz, die gleichen Auszüge bei Braunkohle fluoreszieren nicht.

Koks bleibt von verdünnter, erwärmter Salpetersäure unbeeinflußt, gibt auch beim Erwärmen mit konzentrierter Salpetersäure keine braunrote Lösung. Verdünnte Permanganatlösung wirkt kalt langsam, warm rasch ein. Die abfiltrierte Lösung enthält reichlich kohlensaures Alkali und Spuren von Oxalaten. Mit Natriumsulfat im Tiegel geschmolzen, wird dieses heftig reduziert. Nach Auslaugung der Schmelze in Wasser lassen sich reichliche Mengen von Schwefelnatrium nachweisen.

Retortenkohle enthält bis zu 99% Kohlenstoff, nähert sich in vielen Eigenschaften dem Graphite und ist darum zu seiner Verfälschung sehr geeignet. Sie ist im Mikroskope leicht nachzuweisen und bei starker Vergrößerung in Form kleiner, eigenartig gebuckelter Blättchen gut zu erkennen. Sie wird von verdünnter Permanganatlösung, Kalilauge und konzentrierter Salpetersäure nicht angegriffen, reduziert aber Natriumsulfat beim Schmelzen recht heftig, und es lassen sich in der ausgelaugten Schmelze Sulfide leicht nachweisen.

Ruß wird von verdünnter Permanganatlösung unter Bildung geringer Mengen von Oxalsäure angegriffen.

Roher Anthrazit reagiert nicht mit verdünnter, um so deutlicher aber mit konzentrierter Salpetersäure, ein Zusatz von Ammoniak färbt die Lösung dunkel; mit Chlorkalzium und Bleiazetat gibt sie einen braunen Niederschlag. Verdünnte Permanganatlösung wird unter Bildung von Oxalsäure von Anthrazit reduziert. Gebrannter Anthrazit wird auch von konzentrierter Salpetersäure nicht angegriffen, ergibt aber mit Permanganatlösung die gleichen Wirkungen wie roher Anthrazit [1]).

Neben dem natürlich vorkommenden Graphite wird in jüngster Zeit auch künstlicher Graphit für Schutzanstriche verwendet. Er entsteht bei elektrochemischen Prozessen durch Zersetzung von

[1]) Genauere Angaben über die analytische Untersuchung sind einem Aufsatze von Ed. Donath und A. Lang in Stahl u. Eisen, 1914, S. 1758/61, zu entnehmen.

Karbiden und Zyaniden, ist infolge seiner großen Reinheit hoch feuerbeständig und zeichnet sich insbesondere durch gutes Haften an den Formoberflächen aus.

Die Schwärzen der Gußformen.

Die für Schutzanstriche verwendeten Graphitlösungen werden als „Schwärze" bezeichnet. Sie bestehen aus Wasser, Graphit, Ton und verschiedenen Zwecken dienenden anderen Zusätzen. Der Ton wirkt als Klebemittel und läßt nach dem Trocknen die Graphitteilchen gut am Sande haften. Je stärker die Querschnitte (Wandstärken) des Abgusses, und je weniger feuerbeständig die verarbeiteten Formstoffe sind, um so graphitreicher muß die Schwärze angemacht werden. Da aber die Schutzschicht mit zunehmendem Graphitgehalte gasundurchlässiger wird, sorgt man zugleich durch Zusätze fein gemahlener Holzkohle, Steinkohle oder von Koks für größere Luftigkeit. Auch Salmiak und ein wässeriger Auszug von Pferdedünger, die beide unter der Hitzewirkung des flüssigen Eisens Ammoniakgas bilden, haben sich gut bewährt. Eine ähnliche Wirkung läßt sich durch Zusätze von fein gemahlenem, abgebundenen Gips erreichen, der im geeigneten Mischungsverhältnisse angewendet, besonders glatte und saubere Abgüsse liefert.

Da die Zusammensetzung der Schwärze von recht veränderlichen Grundlagen abhängt — Art, Form und Größe der Abgüsse, Beschaffenheit der Formstoffe, Verlauf und Ausgiebigkeit des Trockenverfahrens, Hitze und Druck des flüssigen Metalles, Geschwindigkeit des Abgießens — ist sie innerhalb weiter Grenzen schwankend. Ledebur empfiehlt folgende Zusammensetzung und Bereitung[1]: 15 l fein gemahlener trockener Ton werden in so viel Wasser eingerührt, daß das Ganze suppenartige Beschaffenheit erhält, dann setzt man nach und nach 25 kg geschlämmten Graphit und 3 hl Holzkohlenstaub zu und rührt fleißig um. Die fertige Schwärze muß träge, etwa wie Sirup, fließen. Wird sie zu dickflüssig, so fügt man noch Wasser zu. Aufkochen der Mischung befördert ihr inniges Gemenge. — Eine der größten Gießereien des Rhein-Ruhr-Gebietes verwendet zur Schwärze in Wasser geschlämmte Mischungen von $^2/_3$ bis $^1/_2$ Teil gemahlenen Koks mit $^1/_3$ bis $^1/_2$ Teil Graphit. — Osann gibt für Stahlwerkskokillenkerne, die bei 300° getrocknet werden, eine Mischung aus 8 Raumteilen Graphit mit 95% Kohlenstoff, 5 Raumteilen Buchenholzkohle und 1 Raumteil feuerfesten Ton an[2]. Nach Messerschmidt bewährt sich eine Mischung von 1 Eimer gemahlenem weißen Ton, 2 Eimern gemahlenem Graphit mit 95% Kohlenstoff und $1^1/_4$ Eimer gemahlener Buchenholzkohle gut[3]. — Eine wesentliche Ver-

[1]) A. Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei, Leipzig 1901, S. 207.
[2]) Osann, Lehrbuch der Eisen- und Stahlgießerei, Leipzig 1912, S. 243.
[3]) Messerschmidt, Technik der Eisengießerei.

besserung der Schwärze läßt sich erreichen, wenn man das Tonwasser durch Mehlwasser ersetzt. Roggenmehl wird in Wasser aufgekocht und während des Kochens Graphit und Holzkohle eingerührt.

Nicht selten wird der Graphit völlig durch feingemahlene Hartkohle (Anthrazit) oder durch Koks ersetzt. Insbesondere in Amerika werden solche Schwärzen in ausgedehntestem Maße verwendet. Es kommt dann vor allem auf den Aschegehalt und den Gehalt an festem Kohlenstoff der verwendeten Hartkohle oder des Kokses an. Kohlen bis zu 10% Aschengehalt und 83% festem Kohlenstoff liefern noch sehr gute Schwärzen; bei entsprechend geringem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen kann aber der Aschengehalt wesentlich höher steigen, ohne die Güte der Schwärze ungünstig zu beeinflussen. So hat sich eine Schwärze mit 24,7% Asche und 72,9% festem Kohlenstoff für Blockformen (Stahlwerkskokillen) gut bewährt. Auf Grund des außerordentlich geringen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen (2,4%) ist anzunehmen, daß es sich bei dieser Schwärze nicht um Hartkohle, sondern um Koks handelte.

Man prüft eine Schwärze am besten durch Verbrennen. Zu diesem Zwecke bringt man eine genau abgewogene Probe in einen Platintiegel, deckt ihn zu, erhitzt 3 Minuten lang auf Rotglut, läßt abkühlen und wiegt. Der Gewichtsverlust ergibt den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Der koksartige Rückstand wird im schräg gelegten Tiegel und unter fleißigem Umrühren bei heller Rotglut einige Minuten lang weiter geglüht, bis er zu Asche verbrannt ist. Sobald das völlig erreicht ist — erkennbar durch das Verschwinden aller schwarzen Teile — läßt man wieder abkühlen und wiegt ein zweitesmal, wodurch der Aschengehalt bestimmt wird. Zieht man die Gewichte der flüchtigen Bestandteile und der Asche vom ursprünglichen Gewichte der Probe ab, so ergibt sich der Gehalt an festem Kohlenstoffe. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen ist in der Regel bestimmend für die Beurteilung, ob eine Schwärze aus Koks oder aus Anthrazit (Hartkohle) besteht. Anthrazitschwärze zeigt meist 7% flüchtige Bestandteile, während Koksschwärzen regelmäßig weniger als 3% Gasbestandteile enthalten. In Amerika finden auch Weichkohleschwärzen mit Gehalten bis zu 32% flüchtiger Bestandteile Verwendung, deren Brauchbarkeit ist aber für ganz bestimmte Zwecke beschränkt.

Alle Schwärzen — mit Ausnahme der einen Mehlzusatz erhaltenden — werden durch längeres Abstehen besser. Vor der Entnahme aus dem Lagergefäß muß aber gründlich umgerührt werden, sonst kann es vorkommen, daß sich ein Teil des Graphits am Boden abgesetzt hat, während die leichteren Bestandteile obenauf schwimmen. Zur Vermeidung dieser Gefahr bewahren große Gießereien die Schwärze in Gefäßen auf, in denen sie durch ein Rührwerk in ständiger Bewegung gehalten

wird (Abb. 53)[1]). Solche Mischmaschinen werden in 4 Größen mit 120 bis 150 l Fassungsvermögen ausgeführt und erfordern bei 50 bis 60 Umdrehungen des Rührwerkes in der Minute 0,3 bis 1,0 PS Betriebskraft.

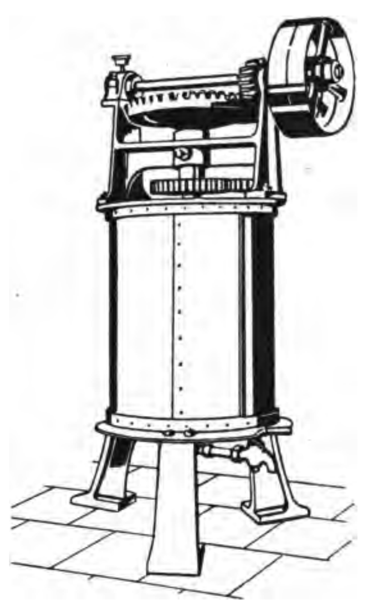


Abb. 63. Schwärzerührmaschine.

An Stelle des Graphites können als billigere Ersatzstoffe in vielen Fällen Talk und Seifenstein verwendet werden. Beide bestehen aus Magnesiumsilikat (63,5% SiO_2 + 31,7% MgO + 4,8% H_2O) und haben etwa 2,75 spez. Gew. Der Talk bildet dünne, biegsame, unelastische, weiß bis grün gefärbte Schuppen, die im frischen Bruche perlenartig glänzen, während der Seifenstein in dichten Massen auftritt. Der Verwendung als Formpuder steht meist die starke Verunreinigung mit sandigen Bestandteilen entgegen, die den Schmelzpunkt herabsetzen und ein schlechtes Haften an den Formwänden bewirken. Erst seit einigen Jahren — in Amerika schon seit etwa 1907 — ist eine amerikanische Talkart, der Bull Run Talc, bekanntgeworden, der als vollwertiges Graphitersatzmittel geeignet zu sein scheint.[2]) Er ist zwar mit Eisenoxyd verunreinigt, das ihm eine kennzeichnende rote Farbe verleiht, infolge der Abwesenheit von Kohlenstoff aber nicht die schädigende Wirkung wie beim Graphite hat. Er läßt sich zu feinstem Staub vermahlen, der infolge eines gewissen Tongehaltes trocken wie naß hohe Klebekraft besitzt und zudem von sehr großer Feuerbeständigkeit ist. Die besten Ergebnisse werden bei den sonst recht empfindichen Formen für Phosphorbronze- und Kupfergüsse und anderen Metallen von hohem Schmelzpunkte erzielt. Auch Eisen- und Tempergießereien verwenden den Bull Running Talc schon seit 1907 mit ausgezeichnetem Erfolge als Schutzmittel für ihre Formen. Er kann trocken aufgebeutelt, als kräftige Schlichte mit Ton angemacht oder als dünnste Schwärze mit dem Kamelhaarpinsel auf die Formen aufgetragen werden, in allen Fällen haftet er gleich gut. Nur bei kleinsten, dünnwandigen Formen für Metalle von niedrigem Schmelzpunkte, z. B. für Aluminiumgüsse, empfiehlt es sich, der Schwärze etwas Melasse zuzusetzen, da hier die Gießhitze nicht ausreicht, den Auftrag fest genug einzubrennen.

[1]) Badische Maschinenfabrik A.-G., Durlach.

[2]) Nach Stahl und Eisen, 1915, S. 317.

Bull Run Talc kommt in Fairfax County, Virginia, in der Nähe von Clifton Station der Southern Railway in einem großen, weit sich erstreckenden Lager vor. Er wird ähnlich wie Graphit gemahlen, gesiebt, gebeutelt und durch ein Schlämmverfahren gereinigt. In den Handel gelangt er in Säcken von etwa 56 kg Inhalt und ist bei mindestens gleicher Ausgiebigkeit und Wertigkeit wesentlich billiger als Graphit.

Auch Kienruß kann sowohl als trocken aufgepuderte Schicht wie als Anstrichmasse oder als Beimischung zum Formsande an Stelle des heute so teuer gewordenen Graphites verwendet werden. Im trockenen Zustande läßt er sich ohne weiteres ebenso wie Holzkohlenstaub oder Graphit auf die Formoberflächen beuteln. Um ihn aufnahmefähig für Wasser zu machen und ihm so die Eignung zu geben auch für nasse, trocknungsfähige Anstriche geeignet zu sein, bedarf er einer besonderen Vorbehandlung. Man brennt ihn zu dem Zwecke entweder vollkommen ölfrei oder verdichtet ihn durch Quetschen oder Kollern unter Zusatz einer geringen Menge von Seifenwasser. Gußstücke, deren Formen mit einer Einpuderungs- oder Anstrichschicht aus Kienruß versehen wurden, zeigen [1]) eine äußerst glatte Beschaffenheit der Oberfläche unter fast völliger Vermeidung des Anhaftens von Formsand.

E. Modellpuder.

Holzmodelle werden, um ein Anhaften des Formsandes zu verhüten, mit Schutzstoffen bestäubt. Über die Art der Wirksamkeit solcher Stoffe liegen noch keine völlig aufklärenden Untersuchungen vor; sie scheinen die klebenden Bestandteile der Sandoberfläche an sich zu ziehen und so die Modelloberfläche zu schützen. Tatsächlich pflegt der über das Modell gestäubte Schutzstoff nach dem Abheben der Form am Formsande zu haften. Bis vor etwa 30 Jahren bediente man sich nur feinst gepulverten Holzkohlenstaubes als Modellpuder; er reichte bei der üblichen Handformerei, bei der das Modell ziemlich kräftig losgeklopft werden konnte, vollkommen aus. Mit der Entwicklung des Formmaschinenbetriebes, der mitunter nur ein sehr wenig ausgiebiges Losklopfen zuläßt, entstand das Bedürfnis nach wirksameren Schutzstoffen. Als solcher hat sich in bisher unübertroffener Weise das Lykopodium, der gelbe Samen einer Bärlapppflanze, bewährt. Er bewirkt selbst bei sparsamster Verwendung und beim geringsten Losklopfen des Modelles gutes Abheben und trägt bei dünnwandigen Formen dazu bei, den Abgüssen eine glatte, saubere Oberfläche zu verleihen. Die letzte Eigenschaft dürfte auf Gasbildung durch Verbrennung beruhen. Da aber nur ganz geringe Mengen Bärlappsamen aufgestäubt werden —

[1]) Nach Gießpraxis 1917, Nr. 5, S. 60/1.

guter, echter Samen ist ziemlich kostspielig —, ist die Gasbildung gering und bei stärkeren Abgüssen nicht mehr von merkbarer Wirkung.

Der Bärlappsamen wird in den großen Waldgebieten Rußlands, Österreichs (Karpathen, Böhmer Wald) und Ostdeutschlands gewonnen. Das Erträgnis ist von den Witterungsverhältnissen abhängig und in verschiedenen Jahrgängen recht wechselnd. Da der Handel in wenig Händen vereinigt ist und das Erträgnis auch in guten Jahren verhältnismäßig bescheiden bleibt, konnten bisher recht hohe Preise ziemlich gleichmäßig durchgehalten werden. In schlechten Jahren besteht eine größere Versuchung, den echten Samen mit Nadelholzsamen und anderen mehligen Stoffen zu verfälschen. Da nur der reine, sich etwas fettig anfühlende Samen von guter Wirkung ist, empfiehlt es sich, beim Einkaufe stets mit dem Mikroskope nachzuprüfen. Der echte Bärlappsamen hat tetraedrisch-kugelige Form und ist durch netzförmige Leisten an seiner Oberfläche ganz unverkennbar gezeichnet.

An Stelle des Bärlappsamens kann der Samen (die Sporen) eines auch in Deutschland vorkommenden Pilzes, des Hasenstäublings (Lycoperdon caelatum Bull) und des Flockenstreulings (Lycoperdon bovista L.) verwendet werden. Die Pilze werden zur Gewinnung des Staubes auf Horden getrocknet.

Schon wiederholt wurde versucht, billigere Ersatzmittel zu schaffen, doch ist es seither noch nicht gelungen, einen vollwertigen Ersatz zu finden. Brauchbarer Lykopodiumersatz muß folgenden Bedingungen entsprechen: Er darf nicht hygroskopisch sein, er darf sich während des Gießens nicht allzu rasch verflüchtigen, er darf an der Oberfläche des Abgusses nicht schlackenartig weiterbrennen, und er soll selbst an lotrechten Flächen gut haften.

Man hat versucht Holzmehl zu Formpuder zu verarbeiten, indem man es mit Walrat, Stearin und ähnlichen Stoffen in eine Mischtrommel brachte, dort ein Vakuum erzeugte und nun das Gemenge unter Erwärmung auf den Schmelzpunkt der Zusätze unter stetem Drehen mischte. Nach dem Mischen wird die abgekühlte, zu einem Kuchen erstarrte Masse fein gemahlen. Ludwig Schäfer in Dresden bringt nach seinem Verfahren D. R. P. Nr. 146 774 Korkmehl in ein Bad von 25 kg schwefelsaurer Tonerde, die in 150 l Wasser gelöst ist, und nach dem Trocknen in ein Bad von 28 kg in 500 l Wasser gelöster Kernseife. Der beim wiederholten Trocknen entstehende Niederschlag von fettsaurer Tonerde macht das Korkmehl gegen Wasser adhäsionsfrei. Der Lykopodiumersatz der Brüder Körting (M. und E. Körting) in Berlin (D. R. P. Nr. 141 380) besteht aus Bernsteinpulver. Die Eigenschaft, gegen Wasser vollkommen adhäsionsfrei zu sein, sein verhältnismäßig hoher Schmelzpunkt, seine Härte und die Möglichkeit, ihn ohne besondere Zusätze zu feinem

Pulver zu vermahlen, machen den Bernstein als Modellpuder ziemlich gut geeignet, um so mehr, als er im Gegensatz zum Lykopodium auch an trockenen Modellen gut haftet. Das Bernsteinpulver ist unter dem Namen Lykodin im Handel. Franz Helmpardus und Georg Sindel in Nürnberg erhielten unter Nr. 154 607 ein D. R. P. auf ein Modellpuder, das aus 18 Teilen gemahlenem Kolophonium, 1 Teil Talkum und 1 Teil Infusorienerde besteht. Das Talkum wird dem Kolophonium nur zugesetzt, um es mahlen zu können, während die Infusorienerde das zum Anfeuchten der Formränder verwendete Wasser aufsaugen soll. Bei Verwendung des Puders sollen die Formen nach dem Herausnehmen des Modells in die Trockenkammer gebracht werden, wo das Kolophonium schmilzt. Während des Abkühlens erstarrt die Schicht, und die Form erhält eine Glasur, die dem Abgusse eine sehr glatte Oberfläche verschaffen soll. Richard Spreter in Nürnberg schmilzt nach seinem D. R. P. Nr. 157 061 Pech, Stearin und Wachs zusammen, setzt dem Gemische Asche, Metallpulver und Metalloxyd zu und mahlt nach dem Erkalten die Masse zu einem feinen Pulver. Die drei ersten Bestandteile sollen das Pulver gegen Wasser adhäsionsfrei machen, während die anderen dem Anbrennen des Formsandes entgegenwirken sollen. Die Brauchbarkeit dieser Mischung mag mit Recht bezweifelt werden, über ihre Verwendung ist nichts in die Öffentlichkeit gedrungen. Nach den D. R. P. Nr. 163 269 und 163 832 der Firma W. Eitner in Berlin wird einem Pulver von Kieselgur Kohlenstoff in Form von Harz und Öl zugeführt. Das Verhältnis zwischen Harz und Öl einerseits und Kieselgur anderseits soll so sein, daß auch beim Erhitzen des Pulvers kein Öl oder flüssig gewordenes Harz austritt. Da die Kieselgur aus demselben Grundbestandteile wie der Formsand, nämlich aus Kieselsäure, besteht, die unverbrennbar ist, soll ein Verschmieren der Poren der Formoberfläche ausgeschlossen sein.

Auf ganz neuem Gedankengange beruht ein Verfahren von Kemper und Delmenhorst, Berlin, und Ernst Utke, Berlin, D. R. P. Nr. 165 411 und Nr. 165 578, wonach das Modell mit Kalziumkarbidpulver eingestaubt wird. Durch die Feuchtigkeit des Formsandes bildet sich Azetylen, das angeblich eine Zwischenschicht bildet, durch die das Modell sich leicht vom Sande lösen läßt. Nach einer zweiten Ausführungsart wird das Karbid in Petroleum gelöst und mit einem Zerstäuber auf das Modell aufgetragen. Da aber das entstehende Gas zum größten Teile entweichen dürfte, noch ehe das Modell aus dem Sand genommen werden kann, ist auch der Erfolg dieses Mittels wohl recht zweifelhaft.

Als einfachere Ersatzmittel werden besonders behandelte Stärkemehle sowie gepulverter Talk, Seifenstein, Speckstein und Gemenge dieser Stoffe verwendet. Sie bewähren sich aber alle weniger als das echte Lykopodium, insbesondere sind immer zur Erreichung

von auch nur annähernd derselben Wirkung mehrfache Mengen des Ersatzstoffes nötig.

Beim Gusse von Messing- und Bronzegegenständen kommt es häufig darauf an, der Oberfläche die natürliche Metallfarbe zu geben, um spätere Patinabildung zu fördern. Das läßt sich mittels eines Formpulvers erreichen, das zugleich die Trennung des Modelles von der Form begünstigt und aus 100 g Lykopodium, 40 g gemahlenen, gebrannten Ton und 800 g gemahlenen Bimsstein besteht. Der fertige Guß zeigt schöne, reine Oberflächen, die keiner Nacharbeit bedürfen, so daß sich jede ungewollte Verletzung der Gußhaut erübrigt[1]).

[1]) Nach Th. Schopper, Gieß.-Ztg. 1917, Nr. 11, S. 173.

Zweiter Teil.

F. Das Aufbereiten.

Die natürlichen Formstoffe haben, wie im vorhergehendem Teile dargetan worden ist, nur in seltenen Ausnahmefällen schon im rohen Zustande alle zur erfolgreichen Formerei unerläßlichen Eigenschaften. Sie sind ungleichmäßig naß oder allzu feucht, unregelmäßig gekörnt oder zu fein- oder grobkörnig, zu fett oder zu mager und müssen durch Trocknen, Zerkleinern, Mischen, Befeuchten und Schleudern für den Gebrauch vorbereitet werden. Sowohl die Summe solcher Vorbereitungsarbeiten wie jede einzelne Behandlungsart wird als „Aufbereiten" bezeichnet.

Das Trocknen.

Die meisten natürlichen Formsande enthalten im grubenfeuchten Zustande, d. h. unmittelbar nach der Entnahme aus der Grube, so viel Wasser, daß sie nicht unmittelbar zur Formerei verwendet werden können. Solcher Sand kann in besonders ungünstigen Fällen bis zu 80 Raumprozent Wasser enthalten und ist dann praktisch gasundurchlässig. Um ihn luftig zu machen, muß der größte Teil des chemisch nicht gebundenen Wassers durch Trocknen entfernt werden. Das Trocknen kann durch Ablagern in ausreichend dünner Schichtung auf Grund natürlicher Verdunstung, mittels Trockendarren oder in Drehöfen erfolgen. Dem Trocknen durch Ablagerung steht im allgemeinen der große Raumbedarf und die lange Trockenzeit entgegen, so daß es nur ausnahmsweise ausgeführt wird. Beim Trocknen auf Darren kommen Anlagen ohne besonderen Aufwand für Trockenwärme und Darren mit besonderer Heizung in Frage. Im ersten Falle wird die Decke einer Form- oder Kerntrockenkammer als Darre ausgebildet. Das Verfahren ist sehr wirtschaftlich und bewirkt eine gleichmäßige Trocknung. Darren mit besonderer Feuerung liefern in der Zeit- und auf die Grundflächeneinheit weit mehr Trockensand, erfordern aber infolge der eigenen Feuerung und der zum Wenden und zur Weiterbewegung des Formsandes aufzuwendenden Löhne größere Auslagen und trocknen den Sand weniger gleichmäßig. Die Trocknung mittels Drehöfen vereinigt bei best ausgeführten und genügend beanspruchten Einrichtungen die

technischen und wirtschaftlichen Vorzüge der einfacheren Trockenarten. Nach E. Müller[1]) sind zum Trocknen von 1 cbm Sand von mittlerer Feuchtigkeit und bei mittleren Wärmeverhältnissen nötig:

bei Trockendarren mit Gußplattenabdeckung . . . 30—50 kg Koks
bei liegenden Drehöfen unter 7 m Länge (Gleichstromheizung) . . . . 75—100 „ „
bei stehenden Drehöfen (Gegenstromheizung) . . . 30—75 „ „

Trockenkammerdecken als Formsanddarren. Die einfachste und billigste Einrichtung läßt sich erreichen, wenn die Trockenkammerdecke aus Doppel-T-Trägern mit darauf ruhenden Blechplatten gebildet wird. Der Betrieb der Trockenkammer bleibt dabei unbeeinflußt, nur muß zur Vermeidung von Wärmeverlusten die Decke stets mit einer ausreichend starken Formsandschicht belegt sein. Die Bleche sind untereinander „dicht" zu vernieten, sonst entstehen leicht Belästigungen durch austretende Heizgase. Zum Schutze der Blechdecke ist bei unmittelbaren Feuerungen oberhalb der Feuerung ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen vorzusehen.

Mitunter erhält eine gewöhnliche, zwischen I-Trägern gemauerte Trockenkammerdecke einen festen Belag aus hart gebrannten Tonplättchen, auf dem der nasse Formsand ausgebreitet wird. Dadurch wird zwar der Vorteil durchaus unbeeinflußter Betriebsführung der Kammer gewahrt, die an den Sand abgegebene Wärme ist aber so gering, daß das Trocknen ziemlich lange Zeit beansprucht und die zur Verfügung stehende Deckenfläche zum Trocknen der gesamten benötigten Sandmenge selten ausreicht.

Eine bessere Wärmeausnutzung gewährleisten doppelte Decken nach Abb. 64. Sie sind aber ziemlich kostspielig, beeinflussen die Gasbewegung in der Kammer und führen zu Störungen, sobald sich der Raum zwischen den beiden Decken mit Staub und Ruß versetzt. Das ist nach längerer Betriebszeit fast immer der Fall, weil die Abgase der Kammer, nachdem sie die engen Eintrittskanäle durchzogen haben, sich ausbreiten, ihre Bewegung verlangsamen und dabei mitgerissene feste Bestandteile ablagern. Durch den Feuchtigkeitsgehalt der Gase, der am Beginn jeder Trockenschicht in der Kammer bis zur vollen Sättigung steigt, werden die abgelagerten Schichten in feste Krusten verwandelt, die allmählich den ganzen freien Raum ausfüllen.

Oft machen bauliche Verhältnisse die Anlage von Sanddarren auf den Decken der Trockenkammern unmöglich, sei es, daß nicht genügend Raum zur Verfügung steht, daß die Kammern ungünstig gelegen sind, daß sie geschlitzte Decken haben, um einem Krane zugänglich zu sein, oder daß irgendwelche anderen Hindernisse im Wege sind. Man ist

[1]) Z. Ver. deutsch. Ing. 1912, 20. Juli, S. 1148.

dann ebenso wie in den Fällen, wo die Trockenkammerdecken nicht ausreichen, die ganze benötigte Sandmenge zu trocknen, genötigt, andere Trockeneinrichtungen vorzusehen.

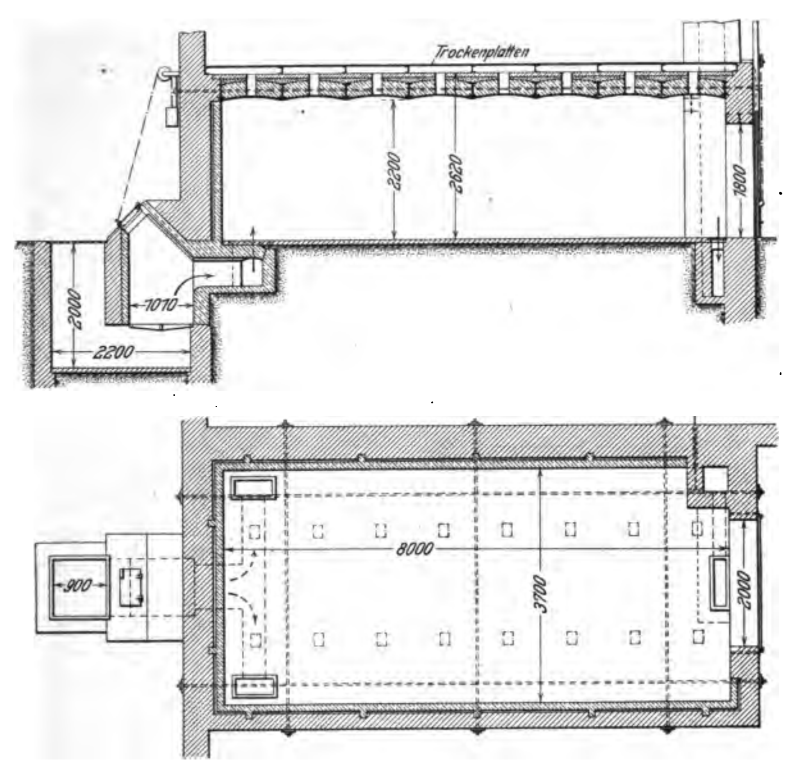


Abb. 64. Trockenkammer mit doppelter Decke.

Darren mit eigener Heizung. Am einfachsten sind die aus einem geraden Kanale bestehenden Anlagen. Der Kanal hat einen Boden und Wände aus feuerfesten Steinen und ist mit Gußplatten abgedeckt, auf denen der nasse Sand ausgebreitet wird. Eine besondere Dichtung der Platten ist nicht nötig, da etwaige Fugen zwischen ihnen vom nassen Sande ausgefüllt und gedichtet werden. An einem Ende des Kanals ist die Feuerung untergebracht, das andere Ende mündet in eine Esse. Je eine Längs- und Querseite des Plattenbelages wird meist mit Mauerwerk aus gewöhnlichen Ziegeln eingefaßt, das durch gußeiserne, lotrecht aufgestellte Platten gegen die scheuernde Wirkung des Trockengutes geschützt wird. Da die Platten in der Nähe der Feuerstelle fast rotwarm werden, während die in der Nähe der Esse liegenden kaum Handwärme erreichen, muß der Sand von Zeit zu Zeit weitergeschaufelt werden, um gleichmäßig zu trocknen. Man gibt ihn am heißen Ende der Darre

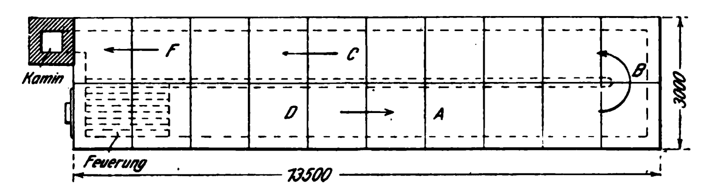


Abb. 65. Trockendarre mit rückführendem Rauchkanale.

Abb. 66. Doppeldarre mit gewundener Rauchgaszuführung.

auf die Platten, schiebt ihn allmählich zum kühleren Ende und erreicht so eine Endtemperatur, die es ermöglicht, den Sand unmittelbar von der Darre weg weiterzuverarbeiten.

Um etwas gleichmäßigere Temperaturen auf der Darre zu schaffen, hat man den Rauchkanal gewendet und auf dem Schmalende bei der Feuerung in die Esse geführt (Abb. 65). Der Temperaturausgleich ist aber nicht sehr belangreich, und das Wenden und Weiterschaffen des Sandes erfordert einige Aufmerksamkeit, die sich bei Darren mit geradem Rauchkanal erübrigt. Besser ist es, die Rauchgase nach der in Abb. 66 erkennbaren Weise zur Esse zu führen. Man erreicht so eine ausgiebige Breite der Darre und durchaus gleichmäßig fortschreitende Abkühlung von einem zum anderen Längsende. Die in der nächsten Nähe der Feuerung liegenden Platten sind untermauert, einmal um sie selbst vor dem Verbrennen zu schützen, und zum anderen, damit der Formsand nicht zu scharf angegriffen werde.

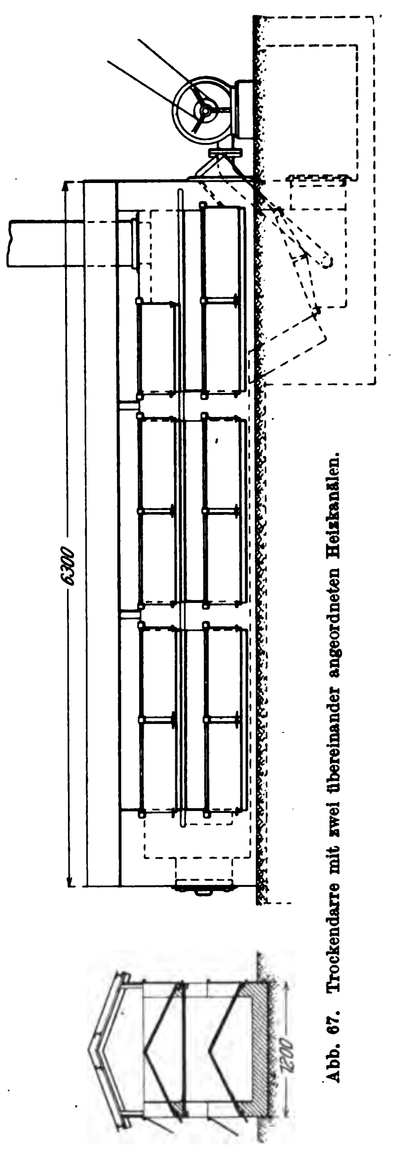


Abb. 67. Trockendarre mit zwei übereinander angeordneten Heizkanälen.

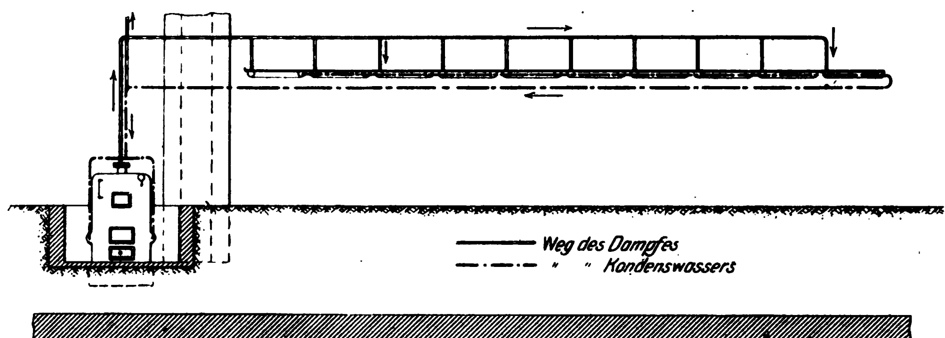
Eine wesentlich andere Anordnung zeigt die Darre nach Abb. 67[1]), die zwei übereinander angeordnete Heizkanäle enthält. Die Trockenplatten liegen schräg und sind durch eine Reihe von Klapptüren nach außen abgeschlossen. Der nasse Sand wird oberhalb der Türen eingeschaufelt und nach dem Trocknen mittels Krücken ausgezogen.

Alle unmittelbar geheizten Darren bergen die Gefahr, daß ein Teil des Sandes durch zu starke Erhitzung Schaden leidet, während ein anderer Teil nur ungenügend getrocknet wird. Dem wirken mit Dampf geheizte Darren erfolgreich

[1]) Ausgeführt von der Badischen Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

entgegen. Abb. 68 zeigt eine von E. Lamberton ausgeführte Dampfdarre[1]), die auf Grund folgender Versuchsergebnisse bemessen und ausgeführt wurde.

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
Feuchter Sand f. d. qm	89 kg	62 kg	92 kg	96 kg
Trockener Sand f. d. qm	77 „	54 „	75 „	89 „
Wassergehalt des Sandes	13,5%	14,3%	18,5%	7,3%
Dicke der Sandlage	80 mm	40 mm	60 mm	80 mm
Wärme des Sandes auf der Darre	65° C	65° C	65° C	65° C
Wärmeertrag f. d. qm in der Stunde $\frac{Q \Delta T^{\circ} 0\, c\, 2}{H}$ (= Trocknen des Sandes)	63 *c*	200 *c*	156 *c*	68 *c*
$\frac{Q - Q1}{H} \cdot 606{,}5 + 0{,}305\, t$ (Verdampfg.)	316 *c*	1037 *c*	1065 *c*	221 *c*
Leistung einer Wärmeplatte von 1 qm	379 *c*	1237 *c*	1221 *c*	289 *c*



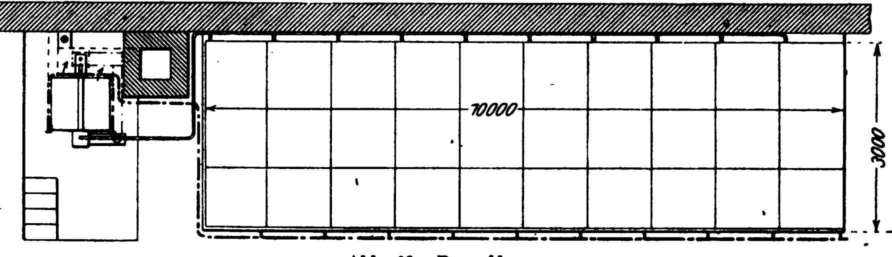


Abb. 68. Dampfdarre.

Zu den Versuchen wurde ein einzelnes Trockenelement (Abb. 69) benutzt, in das bei *A* aus einem Niederdruckkessel Dampf eintrat, um bei *B* wieder zum Kessel zurückgeführt zu werden. Wie der Versuch 3 zeigt, ergab eine Schichtung auf 60 mm Höhe die beste Wärmeausbeute, möglichst dichtes Stampfen des Sandes beschleunigte bei allen Versuchen das Trocknen. Die Anlage sollte in täglich zwei Trockenschichten zusammen rund 4000 kg Sand trocknen. Da 1 qm Grundfläche bei

[1]) Nach Stahl und Eisen 1909, S. 246/7.

60 mm hoher Schichtung in einer Trockenzeit (9 bis 10 Stunden) 75 kg Sand trocknete (Versuch 3), wurde für 4000 kg 26,66 qm Grundfläche nötig. Erweiterte man zur größeren Sicherheit die Grundfläche auf 30 qm, so reichte unter Zugrundelegung von 7000 WE aut den Quadratmeter Kesselfläche ein Niederdruckkessel von 5,23 qm Heizfläche $\left(30 \cdot 1220 = \frac{36\,600}{7000} = 5{,}23\right)$ zur Versorgung der Anlage aus. In Anbetracht der Wärmeverluste in den Rohrleitungen und zur Sicherung eines für alle Fälle ausreichenden Wärmeüberschusses wurde aber ein Kessel von 7,92 qm Heizfläche aufgestellt. Im laufenden Betriebe konnten innerhalb 10 Stunden 2200 kg trockener Sand geliefert werden, es war also leicht, durch zweimalige Belegung der Darre den Tagesbedarf zu decken. Der mit einem Zugregler ausgestattete Kessel bleibt ständig unter Druck, seine Bedienung macht keine Umstände, da ein eingebauter Wasserrost die Entfernung der Schlacke wesentlich vereinfacht. Die Lohnauslagen blieben die gleichen wie bei einer alten Darre mit mittelbarer Feuerung, dagegen ersparte man rund 30% Brennstoff und gewann einen stets gut und gleichmäßig getrockneten Sand.

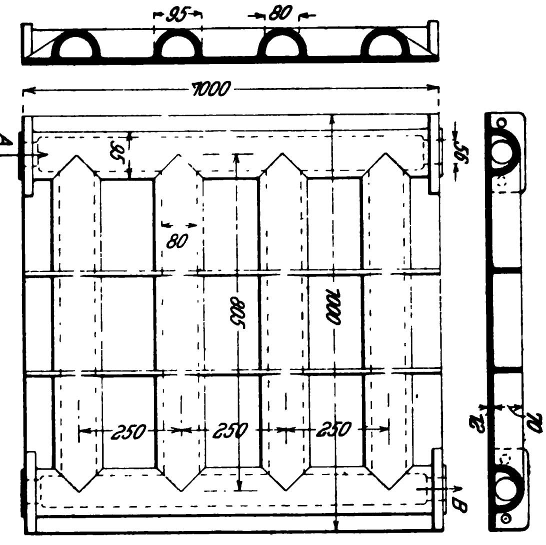


Abb. 69. Ein Trockenelement zur Dampfdarre.

Für selbsttätige Sandaufbereitungen sind **drehbare Trockenöfen**, die den Sand während des Trocknens weiterbefördern und nach dem Trocknen selbsttätig ausladen, außerordentlich wertvoll. Man führt sie in stehender und liegender Anordnung aus. Abb. 70 bis 73 zeigt einen Drehtrockenofen mit **wagerechter** Drehachse[1]). Er besteht aus einer schmiedeeisernen Trockentrommel, die auf zwei Paar Laufrollen ruht, durch ein Räderwerk gedreht wird und vollständig von Mauerwerk ummantelt ist. Im Innern der Trommel sind schräggestellte Schaufeln angeordnet, die den durch einen Füllhals oberhalb der Feuerung aufgegebenen Sand fortbewegen, indem sie ihn hochheben und ausstreuen, sobald sie ihren höchsten Stand erreichen. Infolge ihrer Schrägstellung

[1]) Ausgeführt von der Badischen Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

und Anordnung in einer Spirale kommt der Sand rasch durch die Trommel und fällt schließlich in eine Grube, aus der er durch irgendein Fördermittel der Verwendungsstelle zugeführt wird. Eine Feuerung am Einfüllende sendet ihre Heizgase unmittelbar in die Trommel, wo sie ausgiebig auf den stetig hochgehobenen und ausgestreuten Sand wirken. Ihre natürliche Geschwindigkeit wird durch einen Ventilator beschleunigt, der zum raschen Trocknen des Sandes ganz besonders beiträgt.

Abb. 70—73. Drehbarer Trockenofen.

Der Sandtrockner (Abb. 74 [Schaubild] und 75 [Querschnitt])[1] bewegt sich um eine **lotrechte** Achse und läßt den oben in die Trockentrommel gelangenden Sand allmählich abwärtsgleiten. Er besteht aus einem gemauerten Unterteile, auf dem eine feststehende schmiedeeiserne Trommel ruht. Im gemauerten Untergehäuse ist die Feuerung untergebracht. Die Trommel umschließt den Drehkörper, eine vierkantige schmiedeeiserne Achse, auf der in drei Reihen Rührarme so gelagert sind, daß bei ihrer Drehung der Sand von den am Mantel fest verschraubten Ringstellen nach innen

[1]) Ausgeführt von den Ver. Schmirgel- und Maschinenfabriken in Hannover-Hainholz.



gestreift wird, die ihn auf die nach außen geneigten Teller der Achse weitergeben. Von den Achsenstellern wird er durch die feststehenden Rührschaufeln an der Unterseite der Ringteller abgestreift und so ununterbrochen weiterbewegt, bis er durch den Auslaufhals am unteren Ende des Blechzylinders die Trockentrommel verläßt. Auf seinem Wege durch die Trommel ist der Sand stetig in unmittelbarer Berührung

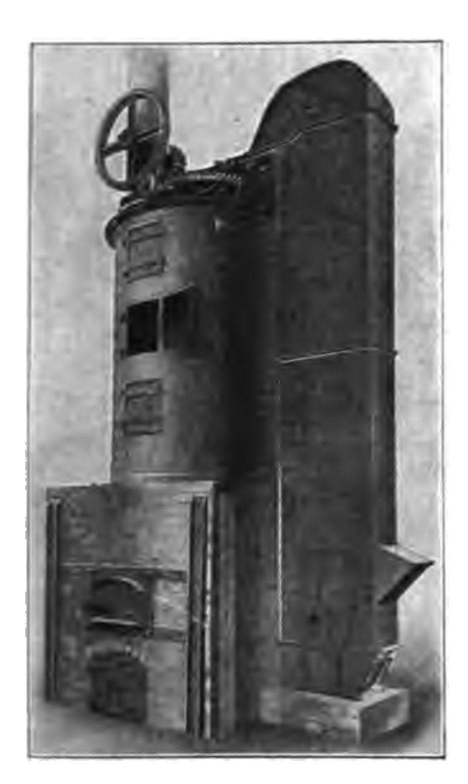


Abb 74. Um eine lotrechte Achse drehbarer Sandtrockenofen mit Becherwerk.

Abb. 75. Längsschnitt durch den Trockenofen Abb. 74.

mit den Feuergasen, die den umgekehrten Weg von unten nach oben nehmen und am höchsten Punkte des Zylinders durch ein Abzugsrohr entweichen. Die Drehachse wird durch ein Stirn- und Kegelradgetriebe von einer Stufenscheibe aus angetrieben, die es ermöglicht, die Umdrehungszahl der Achse, dem Feuchtigkeitsgehalte des Sandes entsprechend zu regeln. Die Öfen sind sehr leistungsfähig, sie trocknen den Sand rasch und leisten auf die Raumeinheit mehr als andere, bestens bewährte Trockenvorrichtungen. Sie werden in vier Größen mit Stundenleistungen von 1200 bis 4000 kg getrockneten Sand ausgeführt.

Das Zerkleinern.

Der Zerkleinerung des Formsandes dienen Poch- oder Stampfwerke, Steinbrecher (Backenbrecher), Granulatoren (Kammbrecher), Kollergänge, Kugelmühlen und Walzwerke. In den meisten Fällen hat der Rohstoff schon im natürlichen Zustande Sand- oder Knollenform und bedarf nur noch einer Zerkleinerung durch Kollergänge, Kugelmühlen oder Walzwerke. Wird aber Sandstein verarbeitet, so ist eine Vorzer-



Abb. 76. Granulator.

kleinerung unerläßlich, die von alters her durch **Poch- oder Stampfwerke** mit drei bis fünf hölzernen, unten mit eisernen Schuhen geschützten Pochstempeln bewirkt wurde[1]). Später fanden **Steinbrecher** (Backenbrecher) Verwendung, auf denen die großen Steinbrocken zwischen einem festen und einem beweglichen, durch eine Kniehebelpresse bewegten Hartgußstücke zerkleinert werden[2]). In neuerer Zeit werden

[1]) Gewöhnliches Pochwerk in Wilkens' Töpferei, S. 21; Rostpochwerk in Kerls Grundriß der Eisenhüttenkunde, 1875, S. 58.

[2]) Gätzschmann, Aufbereitung, Bd. 2, S. 667; Kerl, Grundriß der Eisenhüttenkunde, 1875, S. 60; Dinglers Polyt. Journal Bd. 194, S. 197, Bd. 198, S. 196, Bd. 202, S. 189, Bd. 204, S. 364, Bd. 214, S. 19.

zum Vorzerkleinern meistens Granulatoren benutzt, die die Wirkungsweise der Steinbrecher und Walzwerke vereinen, indem sie auf das Brechgut zugleich drückend und zerreißend wirken und die gebrochenen Stücke austragen, ohne eine unerwünschte Mehlbildung zu bewirken. Sie zerbrechen den Stein zu Schotter von beliebiger Stückgröße und arbeiten gleich gut, ob nun der aufgegebene Stein naß oder trocken, staubig oder schmierig ist. Abb. 76 zeigt einen Granulator[1]), der stündlich 1 cbm Stein zerbricht und dazu 1,5—2 PS Kraft beansprucht.

Der weiteren Verarbeitung des Schotters sowie der Zerkleinerung aller in zu grober Körnung angelieferten Formsande dienen Kollergänge und Kugelmühlen. Kollergänge bieten den Vorzug einfacher und übersichtlicher Bauart, sie sind geringerem Verschleiße unterworfen als andere Zerkleinerungsvorrichtungen und haben mannigfaltige, den verschiedenen Verhältnissen gut angepaßte Ausbildung erfahren. Sie werden mit feststehendem und mit kreisendem Teller (Mahlschüssel), mit oberem oder mit unterem Antrieb, mit einem und mit mehreren glatten oder geriffelten Läufern, mit und ohne Siebvorrichtung und Wiederaufgabe ungenügend verarbeiteten Mahlgutes ausgeführt. Die Anordnung des Antriebes oben oder unten ist für die Wirksamkeit belanglos und hängt nur von örtlichen Verhältnissen ab. Beim Antrieb von unten wird die Lagerung der Welle einfacher, ist dafür aber nicht so leicht vor Staub und Schmutz zu schützen wie beim Antrieb von oben. Der Antrieb von oben erfordert dafür eigene Aufbauten. Läufer und Mahlschüssel sind am meisten dem Verschleiße unterworfen. Man setzt darum in die Schüssel Schutzteller ein, die aus einem ganzen oder mehrfach geteilten Ringe bestehen und meist aus Hartguß oder Stahl gegossen werden. Die Läufer werden oft mit einem Mantel aus Hart- oder Stahlguß versehen. Von großem Einflusse auf die Mahlwirkung sind das Gewicht und die Größe der Läufer. Läufer mit mehr als 1250 mm Durchmesser sind zur Formsandzerkleinerung ungeeignet, weil sie die Körner „totmahlen", d. h. zu allzu feinem Mehl zerreiben. Einen wichtigen Bestandteil aller Kollergänge bilden die Abstreifvorrichtungen, die aus Streifeisen (Pflügen) bestehen und die Aufgabe haben, das von den Läufern zur Seite gedrückte Mahlgut wieder in die Läuferbahn zu schaffen und nach genügender Zerkleinerung durch eine Öffnung der Schüssel hinauszuschieben. Um ein und dieselbe Vorrichtung beiden Zwecken nutzbar zu machen, sind die Streifeisen meistens so eingerichtet, daß sie während des Betriebes gewendet werden können und so das Gut in dem einen oder anderen Sinne bewegen. Kollergänge mit kreisender Schüssel eignen sich vorzugsweise für Mahlverfahren, bei denen das Mahlgut zugleich gemischt und geknetet werden soll, insbesondere also für alle Naßverfahren.

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

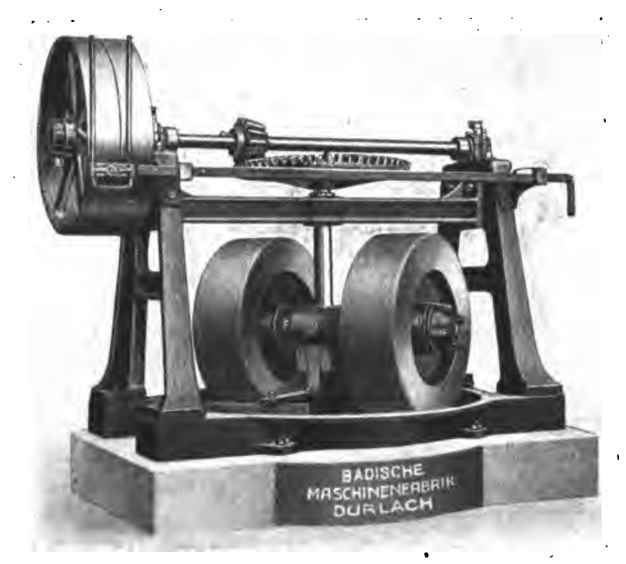


Abb. 77. Kollergang einfachster Bauart.



Abb. 78. Kollergang mit beweglicher Schüssel.

Abb. 77 zeigt einen Kollergang einfachster Bauart[1]). Der Abstand der beiden Läufer von der senkrechten Drehachse ist verschieden, so daß nahezu die ganze Grundfläche der Mahlschüssel bestrichen wird, ohne daß die Läufer so breit wie der halbe Schüsseldurchmesser sein müssen. Die wagerechte Achse der Läufer ist in einer Büchse gelagert, die sich an der senkrechten Welle etwas auf und ab bewegen kann. Dadurch wird eine gewisse Nachgiebigkeit erreicht, für den Fall, daß zu harte Stücke wie Kieselsteine oder Eisenbrocken unter das Mahlgut geraten sind. Der Kollergang wird in verschiedenen Größen mit Läufern



Abb. 79. Kollergang mit unten liegendem Antrieb.

von 550 mm Durchschnitt und 150 mm Breite bis 1250 mm Durchschnitt und 325 mm Breite ausgeführt. Die kleinste Form wiegt etwa 900 kg und bedarf bei 100 Umdrehungen in der Minute eine Betriebskraft von 1 PS, während eine größere Form mit Läufern von 1250 mm Durchmesser 8200 kg wiegt und bei minutlich 85 Umdrehungen 6 PS benötigt.

Abb. 78[2]) läßt einen Kollergang mit beweglicher Schüssel erkennen. Die ganze Maschine ruht auf einer gemeinsamen starken Grundplatte. Die in einer gehärteten stählernen Spurpfanne ruhende Königswelle ist oben in einem im Gestell untergebrachten hölzernen Lager geführt. Der Mahlteller ist mit ihr starr verbunden und folgt ihrer Drehung.

---

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

Die Läufer hängen an Schleppkurbeln und können sich so unabhängig voneinander heben und senken. Bemerkenswert ist der gute Staubabschluß des oben angeordneten Radgetriebes. Der Kollergang ist von besonders gedrungener und doch übersichtlicher Bauart, die ihm lange Lebensdauer verleiht. Die kleinste Ausführung mit 550/150 mm großen Läufern wiegt 900 kg und bedarf 1 PS Betriebskraft, die größte mit 1250/400 mm großen Läufern wiegt 8200 kg und erfordert 6 PS.

Der Kollergang nach Abb. 79[1]) hat unteren Antrieb und entspricht im übrigen genau der Maschine Abb. 10. Er fällt infolge des Gehäuses, das das Triebwerk umschließt, bei gleicher Läufergröße etwas schwerer aus, erfordert aber keine größere Betriebskraft.

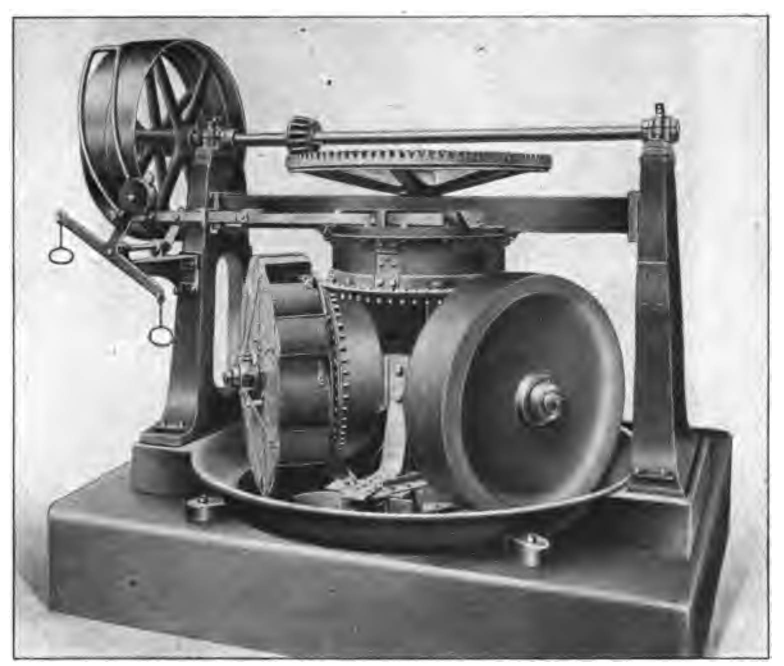


Abb. 80. Kollergang mit Schöpfrad und abgenommenem Schutzgehäuse.

Bei den bisher beschriebenen Kollergängen besteht die Gefahr vollständiger Zerstäubung des Mahlgutes, wenn der Mahlvorgang nicht rechtzeitig unterbrochen wird. Der Erfolg des Mahlens ist von der Gewissenhaftigkeit und Aufmerksamkeit des Sandmüllers abhängig, doch selbst, wenn dieser ganz zuverlässig seinen Dienst erledigt, wird immer ein Teil des aufgegebenen Formsandes zu fein gemahlen werden, ehe die ganze Masse den erwünschten durchschnittlichen Feinheitsgrad

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

erreicht hat. Dem wird durch Vorkehrungen begegnet, die das Mahlgut, unmittelbar nachdem der Läufer darüber weggegangen ist, auf ein Sieb bringen, das die groben und feinen Teile voneinander scheidet, die feinen Teile weiterbefördert und die groben wieder dem Läufer zuführt. Das läßt sich auf verschiedene Weise erreichen. Der Kollergang Abb. 80—82[1]) ist neben den beiden Läufern mit einem Schöpf-

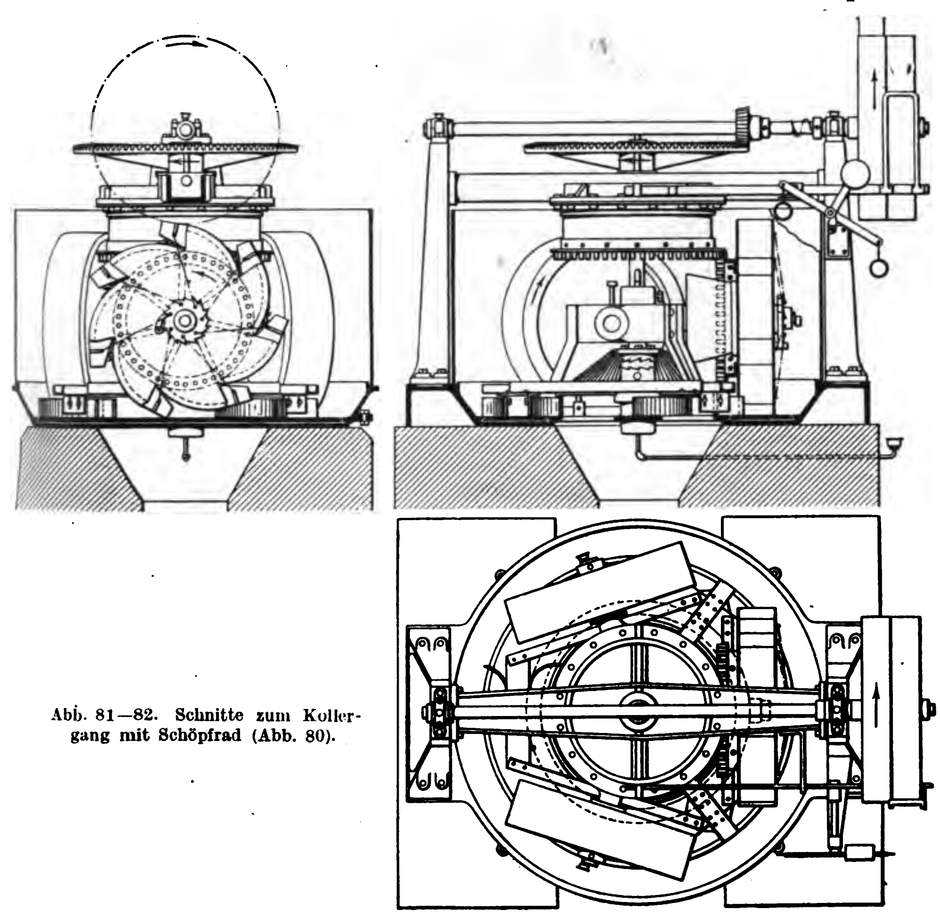


Abb. 81—82. Schnitte zum Kollergang mit Schöpfrad (Abb. 80).

rade ausgerüstet, das den Sand aufnimmt und auf ein in der Mitte der Mahlschüssel angeordnetes kegelförmiges Sieb streut, das durch ein Rüttelwerk unausgesetzt auf und ab bewegt wird. Infolgedessen bleibt es vor Verstopfungen bewahrt und läßt den genügend gemahlenen Sand durchfallen, während die gröberen Brocken in die Schale zurückkollern und aufs neue unter die Läufer gelangen. Die Becher des Schöpfrades

[1]) Ausgeführt von A. Stotz in Stuttgart.

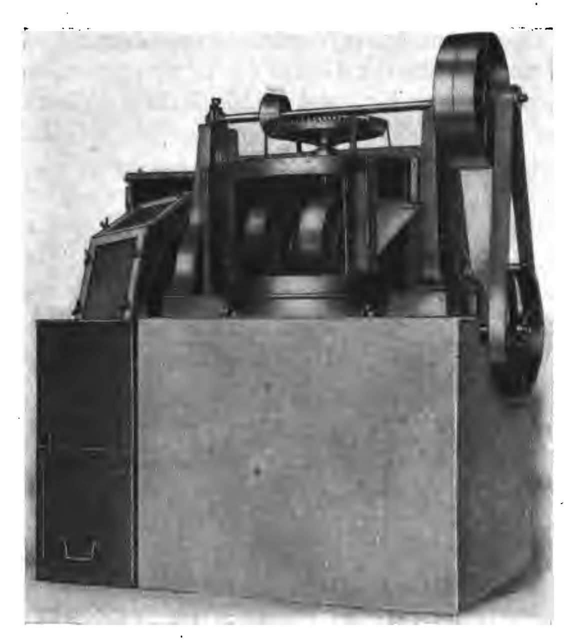


Abb. 83. Kollergang mit oberem Antrieb und seitlicher Siebeinrichtung.

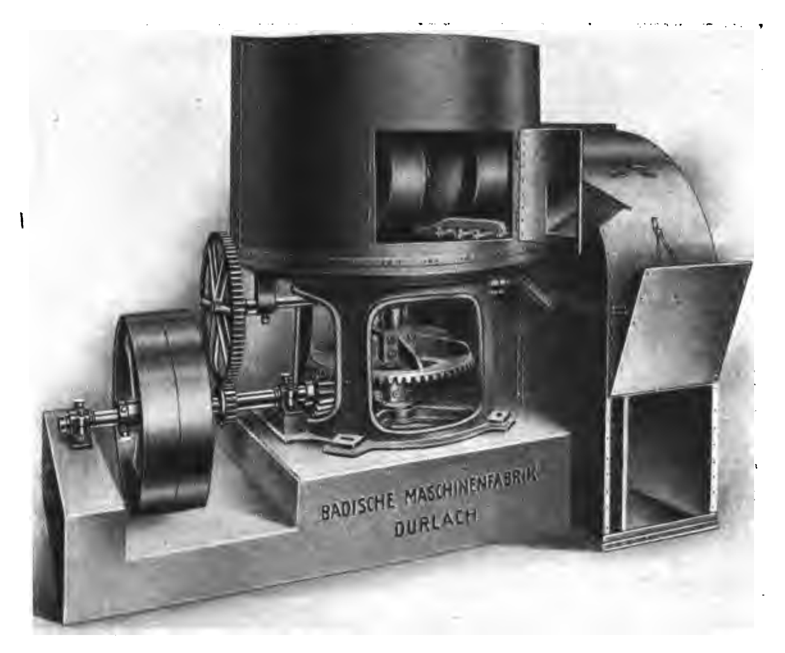


Abb. 84. Eingekapselter Kollergang mit unterem Antrieb und seitlicher Siebeinrichtung.

sind mit einem groben Drahtsieb abgeschlossen, das die größeren Stücke so lange zurückhält, bis sie nach Überschreitung der höchsten Lage wieder von selbst in die Schüssel fallen. Das feine Mittelsieb wird so geschont und vor frühzeitiger Abnutzung bewahrt. Jeder Becher ist auswechselbar und seiner Abnutzung entsprechend nachzustellen. Die



Abb. 85. Eingekapselter Kollergang mit Becherheber und Siebvorrichtung unmittelbar unter der Mahlschüssel.

arbeitenden Teile werden von einem Blechgehäuse umfaßt, in dem sich eine seitliche Öffnung zur Aufgabe des Sandes von Hand befindet. Bei selbsttätig ineinander greifenden Sandaufbereitungsanlagen erfolgt dagegen die Aufgabe des groben Sandes gewöhnlich von oben.

Eine weniger gedrängte, dafür aber in ihren Gliedern leichter zugängliche Anordnung läßt sich durch seitlichen Anbau einer Silovorrichtung mit selbsttätiger Rückförderung des ungenügend zer-

kleinerten Gutes gewinnen. Sie bietet zudem den Vorteil, daß der Rohsand unmittelbar in die Siebvorrichtung gebracht werden kann, so daß die feinen Bestandteile von vornherein ausgeschieden und vor schädlicher Zerkleinerung bewahrt werden können. Abb. 83 zeigt eine derartige Ausführung mit oberem, Abb. 84 mit unterem Antriebe[1]). Die Anlage mit oberem Antrieb ist etwas einfacher, weil der Beschickungsapparat unmittelbar auf der Welle des Siebwerkes angebracht werden kann. Das gemahlene Gut wird durch mehrere Zustreifer stetig in das Siebwerk geschoben, aus dem die groben Teile durch ein kleines Becherwerk ununterbrochen in die Mahlschüssel zurückgelangen. Beide Maschinen werden stets vollständig eingekapselt, um die Nachbarschaft

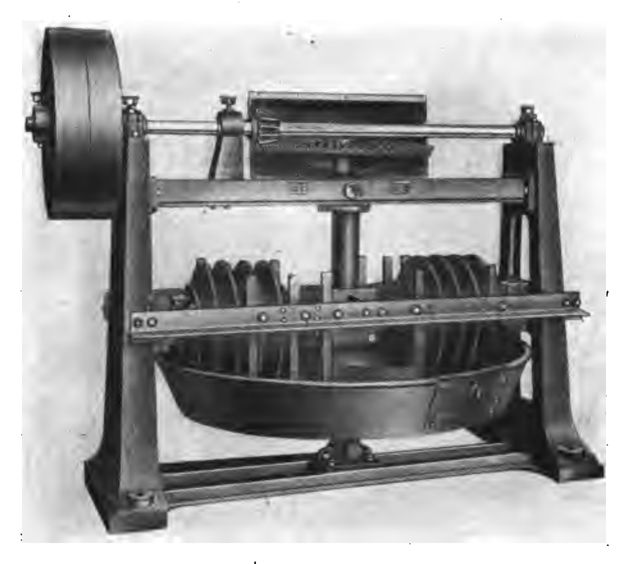


Abb. 86. Kollergang mit Rillenläufern.

vor Verstaubung zu bewahren. Die von oben betätigten Kollergänge wiegen je nach der von 550 mm bis 1250 mm Durchmesser zunehmenden Läufergröße 1250 bis 10 500 kg, die von unten betriebenen 1450 bis 10 700 kg. Die kleinsten Ausführungen benötigen eine Betriebskraft von 1 PS, die größten eine solche von 6 PS, gleichviel ob der Antrieb von oben oder unten erfolgt.

Eine gedrängtere Bauart läßt sich durch Anordnung der Siebvorrichtung unmittelbar unter der Mahlschüssel erreichen (Abb. 85)[2]). Der gemahlene Sand wird durch eine geschlossene Rinne auf das Sieb geleitet, der fertig gemahlene Teil fällt durch, während der grobe durch ein

---

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

[2]) Württemb. Hüttenamt in Wasseralfingen.

Becherwerk in Verbindung mit einer Förderschnecke zurück unter die Läufer gebracht wird.

Zum Mahlen, Kneten und Mischen von Lehm oder Masse werden Rillenläufer, mitunter auch Rillenläufer zusammen mit glatten Läufern verwendet. Bei der Ausführung nach Abb. 86[1]) sind die Läufer ortsfest in den Seitenständern und in einer an der senkrechten Drehachse gleitenden Büchse gelagert, während die Mahlschüssel kreist. Die Mahlschüssel wird wieder durch auswechselbare Hartgußringstücke geschützt. Das Mahlgut wird durch Streifeisen und Wendevorrichtungen fortwährend gelockert und unter die Läufer geschoben, bis es nach gehöriger Zerkleinerung und Durcharbeitung aus der Schüssel genommen werden kann.

Für große Leistungen der Menge nach sind Kollergänge unzweifelhaft am besten geeignet. Kommt es aber auf hervorragend feine und gleichmäßige Körnung an, so vermögen sie dem Wettbewerb der Kugelmühlen nicht standzuhalten. Insbesonders einige Zusatzstoffe, wie Kohle und Graphit, sowie manche Schamottearten lassen sich mit Kugelmühlen weitaus besser verarbeiten. Darum haben seit etwa 10 Jahren Kugelmühlen eine stetig zunehmende Verbreitung in Gießereibetrieben gefunden. Sie bestehen in der Hauptsache aus einem trommel- oder kugelförmigen Behälter, der mit einer bestimmten Menge von schweren Kugeln gefüllt ist. Beim Drehen des teilweise mit dem Mahlgute gefüllten Behälters werden die Kugeln eine Wegstrecke mitgenommen, um beim folgenden Herabstürzen die gewünschte Zerkleinerung zu bewirken. Die Umdrehungszahlen, von denen die Mahlwirkung wesentlich abhängig ist, schwanken je nach der Größe des Trommeldurchmessers zwischen 45 und 20 in der Minute, je größer die Trommel wird, desto niedriger ist ihre Umdrehungszahl zu bemessen. Ist die Umdrehungszahl zu niedrig, so wird die Mahlwirkung gering sein, steigt die Umdrehungsziffer über einen gewissen Grenzwert hinaus, so kommen die Kugeln mit der Trommel und dem Mahlgut in ununterbrochen kreisende Bewegung und eine Mahlwirkung bleibt ganz aus. Die Trommel muß stets so weit gefüllt sein, daß die Kugeln voll im Mahlgut arbeiten; eine zu geringe Füllung bewirkt baldigen Verschleiß der Kugeln und Trommelwände, eine zu starke führt zu Verstopfungen und bremst die Fallwirkung der Kugeln. Die Kugeln werden am besten aus geschmiedetem Stahl angefertigt. Treten infolge ihrer Abnützung Leistungsverminderungen ein, so setzt man von Zeit zu Zeit eine neue Kugel zu. Große Trommeln bestehen aus einzelnen Stahlbalken, den Mahlbacken, die so ausgebildet werden, daß sie nach Abnutzung einer Seite gewendet werden können und dann wieder voll leistungsfähige Trommeln bilden. Kleine, einfache Kugelmühlen werden im ruhenden Zustande gefüllt

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

und entleert, bei größeren Mühlen kann das Mahlgut meist während der Drehung ununterbrochen aufgegeben werden, gleichwie es von der Trommel selbst ununterbrochen abgesiebt wird. Es gibt Schubaufgeber, die aus einem durch ein verstellbares Exzenter bewegten Wagen bestehen, von dem bei jedem Rückgange eine bestimmte Menge in die Trommel gestrichen wird, Kolbenaufgeber, bei denen ein Kolben im regelmäßigen Arbeitsgange das Rohgut weiterschiebt, Stoß- und Schüttelaufgeber u. a. m. Alle Aufgeber sind durch Verstellen eines Gliedes auf bestimmte Zufuhrmengen einstellbar.

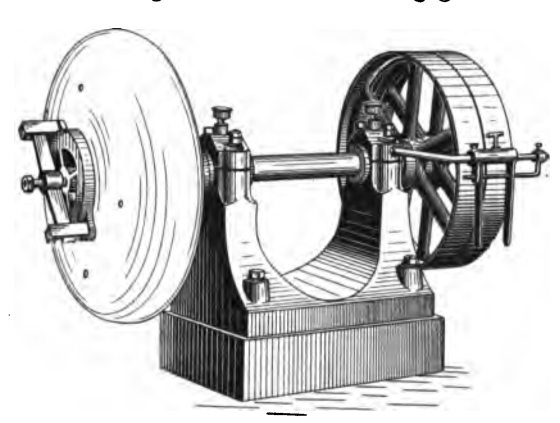


Abb. 87. Kleine Mahltrommel für Kohle und Graphit.

Die kleine Mahltrommel Abb. 87 dient insbesondere zum Vermahlen

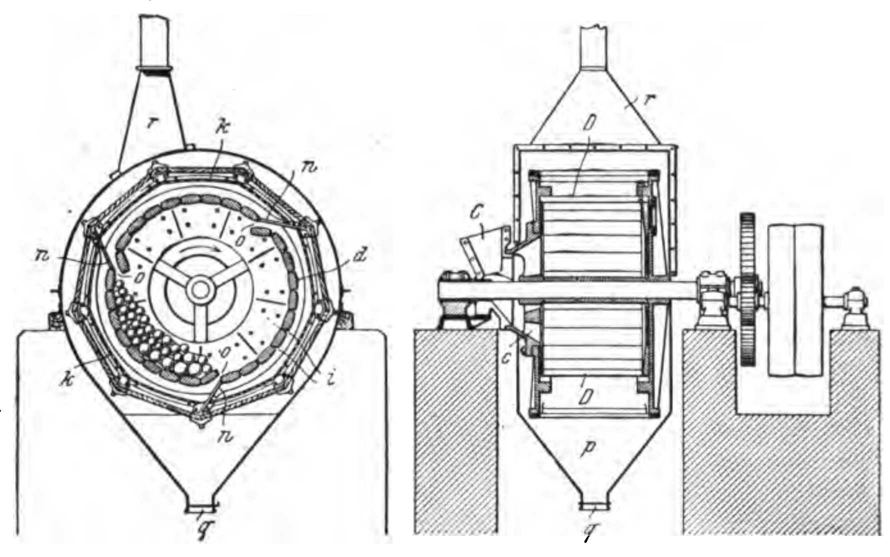


Abb. 88. Kugelmühle.

von Kohle und von Graphit. Das Rohgut wird durch die mit einem Bügelverschluß versehene seitliche Öffnung aufgegeben und bleibt so lange in der Trommel, bis eine weitere Zerkleinerung nicht mehr zu erwarten ist.

Kugelmühlen, die das Mahlgut nicht völlig zu Staub, sondern nur auf bestimmte feine Körnung verarbeiten sollen, müssen das genügend

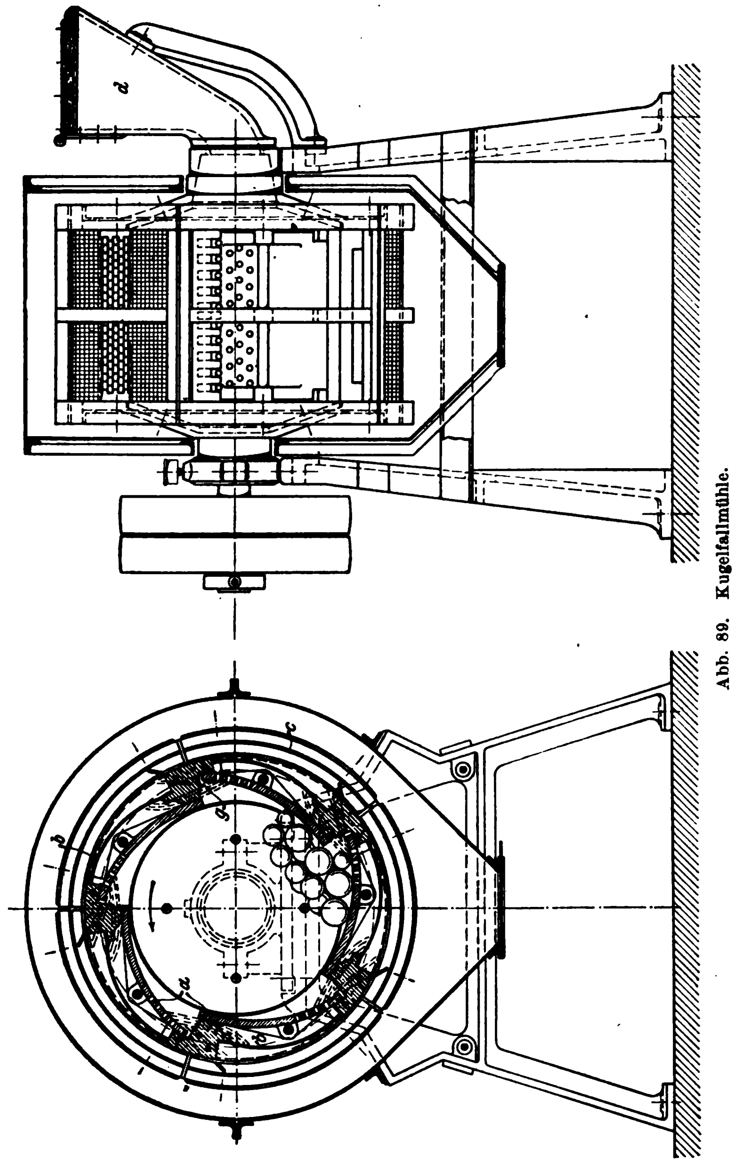


Abb. 89. Kugelfallmühle.

zerkleinerte Gut regelmäßig austragen. Bei der Kugelmühle der Maschinenbauanstalt Humboldt (Abb. 88)[1]) gelangt der rohe,

[1]) Stahl und Eisen 1912, S. 897.

durchaus trockene Sand durch den Trichter *C* und die Einlauföffnung *c* in das Trommelinnere. Die Höhlung der Trommel wird durch einen dreimal unterbrochenen Kranz wagerecht liegender Stahlplatten *D* gebildet, deren wellenförmige Anordnung in Verbindung mit den ungleich großen Kugeln eine weitgehende Zerkleinerung des Mahlgutes verbürgt. Durch die regelbaren Spalten *i* gelangt der gemahlene Sand auf die aus gelochtem Stahlblech bestehenden Vorsiebe *k* und von ihnen durch die unmittelbar unter *k* angeordneten Gazesiebe, deren Maschenweite der gewünschten Körnung entspricht. Im Gehäusetrichter *p* wird das fertige Mahlgut gesammelt, um schließlich durch den Schieber *q* abgezogen zu werden. Der Rohransatz *r* auf der oberen Wölbung des Schutzgehäuses dient zum Anschluß an eine Entstaubungseinrichtung.

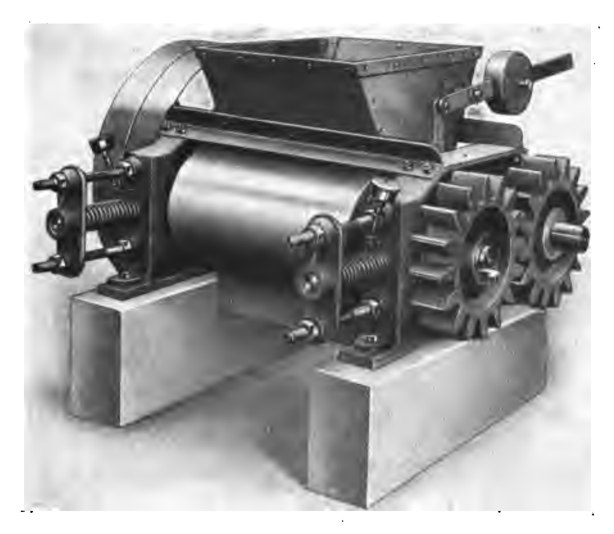


Abb. 90. Walzwerk mit federnd gelagerter Walze.

Abb. 89 zeigt eine sog. Kugelfallmühle[1]), bei der die Mahlplatten treppenförmig angeordnet sind. Durch den Trichter *d* wird das Mahlgut aufgegeben und gelangt nach der Zerkleinerung durch die von Treppenabsatz zu Treppenabsatz kollernden Kugeln durch die Schlitze zwischen den Mahlplatten *a* auf das Vorsieb *b* und durch das Feinsieb *c* in den Sammelraum. Die ungenügend zerkleinerten groben Teile wandern durch Kanäle *g*, die zwischen den Mahlplatten und dem Vorsiebe sowie zwischen diesem und dem Feinsiebe angeordnet sind, in das Trommelinnere zurück[2]).

Walzwerke werden fast ausschließlich zum Zerquetschen der Sandknollen im alten (gebrauchten) Formsand verwendet. Die Maschine Abb. 90[3]) ist mit zwei Hartgußwalzen ausgerüstet, deren eine leicht verschiebbar ist und mittels einstellbarer Federn mit einem bestimmten

---

[1]) Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabrik, A.-G. in Hainholz; Z. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 1220.

[2]) Eine sieblose Kugelmühle wird auf S. 169 erörtert.

[3]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

Drucke gegen die andere gepreßt wird. Der Mindestabstand beider Walzen voneinander kann durch Verstellen der Lager geändert werden. Es können so Eisenstücke und andere harte Körper ohne Gefahr durch die Walzen laufen, trotzdem ihr Abstand bei regelmäßiger Arbeit gleich bleibt. Solche Walzwerke erfordern bei Stundenleistungen von 3, 5, 8, 12, 20 cbm 1,5, 2, 2,5, 3, 4 PS.

Das Mischen.

Allgemeines.

Schon der roh aus der Grube kommende Formsand wird gleichmäßiger und luftiger, wenn man ihn vor der Verwendung mehrmals mit einer Schaufel in möglichst kleinen Abschnitten durchsticht und umwendet. Seine hauptsächlichsten Bestandteile: Körner von verschiedener Größe, Lehmklümpchen und Feuchtigkeit werden dadurch gleichmäßiger durch seine ganze Masse verteilt, was seiner Feuerbeständigkeit, Durchlässigkeit, Porosität und Bildsamkeit zugute kommt. Noch viel wichtiger wird das Mischen, wenn verschiedene Sandsorten miteinander vermengt werden müssen, wenn der Sand künstlich befeuchtet werden muß, und wenn ihm besondere Zusatzstoffe zugeführt werden. Wie notwendig in solchen Fällen das gründliche Mischen des Formsandes ist, zeigt folgender von Algernon Lewin Curtis durchgeführter Versuch[1]).

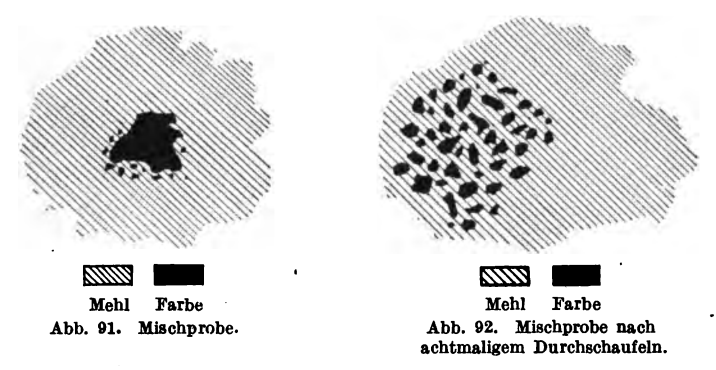


Abb. 91. Mischprobe.

Abb. 92. Mischprobe nach achtmaligem Durchschaufeln.

Auf eine Porzellanplatte wurde ein Häufchen von 100 g Mehl gestürzt und darüber 5 g fein zerriebene grüne Anilinfarbe gestreut. Das Mischungsverhältnis entsprach also ungefähr dem Verhältnisse zwischen Ton und Kieselsand in vielen Formsanden oder dem Verhältnisse, nach dem altem Formsande frischer Ton zugesetzt zu werden pflegt. Ursprünglich zeigte sich die Farbe in der in Abb. 91 ersichtlichen Weise über das Mehl verteilt, sie breitete sich ziemlich gleichmäßig über die Kuppe

[1]) Foundry Trade Journal, Mai 1913, S. 295 u. f.

des Mehlhaufens aus. Nun wurde der Haufen gemischt, indem man mit einer Porzellanspachtel von unten nach oben strich, das erstemal von Norden, dann von Westen, Süden und Osten, bis schließlich die Farbe völlig im Mehl verschwunden war. Nach wiederholtem, also achtfachem Durchschaufeln in den gleichen Richtungen und der gleichen Reihenfolge zeigte sich die Farbe an der westlichen Seite des Mehlhaufens in einer größeren Zahl zusammengeballter Klümpchen, wie Abb. 92 erkennen

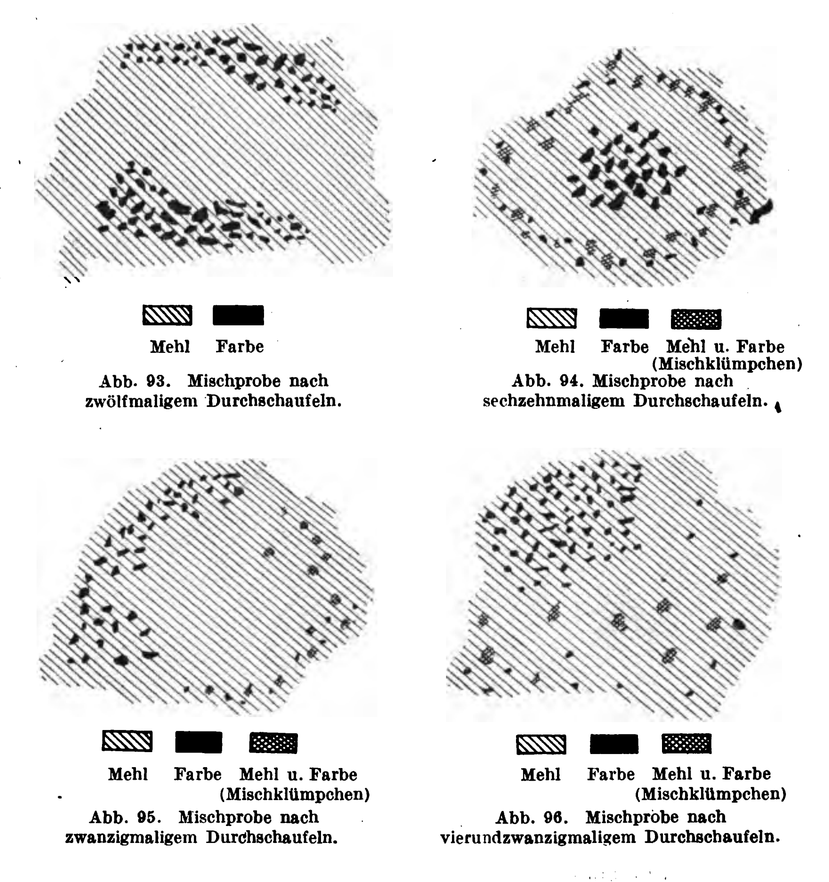


Abb. 93. Mischprobe nach zwölfmaligem Durchschaufeln.

Abb. 94. Mischprobe nach sechzehnmaligem Durchschaufeln.

Abb. 95. Mischprobe nach zwanzigmaligem Durchschaufeln.

Abb. 96. Mischprobe nach vierundzwanzigmaligem Durchschaufeln.

läßt. Nach zwölfmaligem Durchschaufeln war die Farbe schon etwas ausgedehnter verteilt, sie breitete sich im Norden und Süden des Haufens in kleineren Klümpchen aus; zwischen den beiden mit Farbe durchsetzten Gebieten zog sich ein Streifen noch völlig farbfreien Mehles (Abb. 93). Nach sechzehnmaligem Durchschaufeln ergab sich das Bild nach Abb. 94. Die Farbe war zum Teil nach oben gelangt, während unten das Mehl vorherrschte. Am unteren Rande des Haufens zeigten sich Klümpchen von unbestimmt schmutziger Farbe, die unzweifelhaft aus

einem innigen Gemisch von Farbstoff und Mehl bestanden. Zwanzigmaliges Schaufeln brachte wieder das Mehl nach innen, die kleiner gewordenen Farbklümpchen an den westlichen Abhang und ein Gemenge von Farb- und Mischklümpchen an die östliche Seite (Abb. 95). Vierundzwanzigmaliges Durchschaufeln gab dem ganzen Haufen eine noch unbestimmt erkennbare schmutzige Farbe, die Farbklümpchen blieben in der Hauptmenge auf die nordwestliche Ecke verteilt, im übrigen Gebiete war eine Zunahme der Mischklümpchen festzustellen (Abb. 96). Erst nach achtundzwanzigmaligem Durchschaufeln ergab sich eine nicht mehr auf einzelne Gebiete beschränkte Verteilung der beiden Stoffe, doch blieben noch immer Farbklümpchen, Mischklümpchen und reines Mehl deutlich erkennbar (Abb. 97). Nach zweiunddreißigmaligem Durchschaufeln wurde der Haufen der Quere nach durchschnitten, worauf sich das Bild nach Abb. 98 ergab. Die Farbe verlief noch immer in deutlich erkennbaren Zügen oder Klümpchenreihen von der Spitze bis zum Fuße des Haufens, nur am Boden war eine deutliche Ablagerung von Mischklümpchen zu erkennen. Nach sechsunddreißigmaligem Durchschaufeln schien das Mehl vorzuherrschen, das gleiche war nach vierzig- und vierundvierzigmaligem Durchschaufeln der Fall. Das Mischen wurde nun bis zur achtundfünfzigsten Durchschaufelung fortgesetzt und hierauf, da sich eine unzweifelhafte Veränderung nicht mehr erkennen ließ, der Haufen flach ausgewalzt. Wie Abb. 99 erkennen läßt, war die Mischung im allgemeinen zwar gleichmäßig, doch zeigten sich noch immer deutlich Farbklümpchen und Mischklümpchen in der Hauptmasse von unverändertem Mehle.

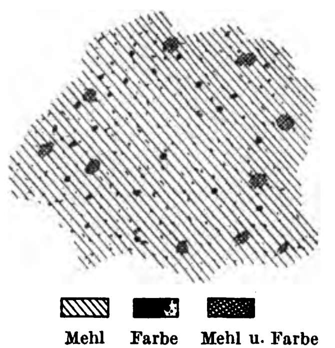


Abb. 97. Mischprobe nach achtundzwanzigmaligem Durchschaufeln.

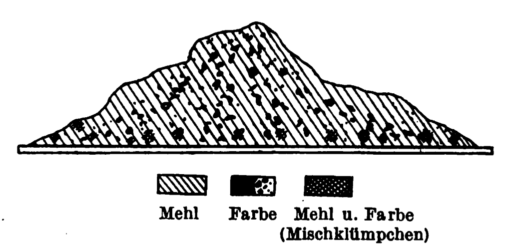


Abb. 98. Querschnitt durch die Mischprobe nach zweiunddreißigmaligem Durchschaufeln.

Die ausgewalzte Mischung wurde nochmals sechzehnmal durchgeschaufelt — im ganzen also schon 74 mal — und zeigte auch dann noch deutlich erkennbare Misch- und Farbklümpchen, das gleiche war nach neunzig- und hundertzehnmaligem Durchschaufeln der Fall. Erst nach hundertsechzigmaligem Schaufeln schien ein befriedigender Gleich-

mäßigkeitsgrad erreicht zu sein. Die Masse wurde wieder ausgewalzt und ergab nun das Bild nach Abb. 100. Die Verbesserung des Mischungsgrades gegenüber Abb. 99 ist deutlich zu erkennen.

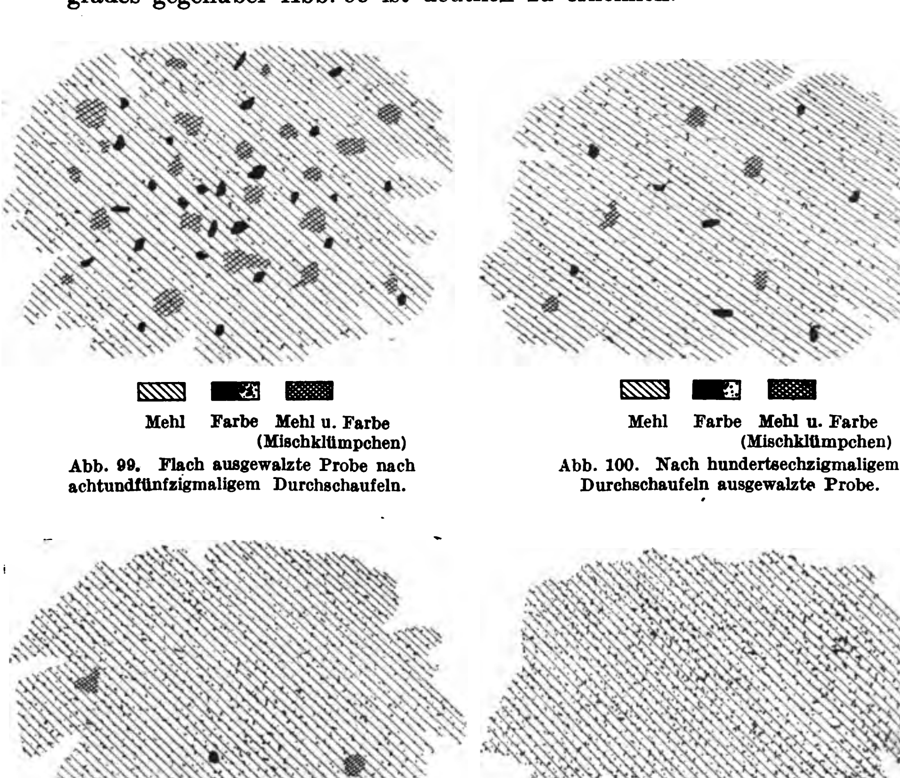


Abb. 99. Flach ausgewalzte Probe nach achtundfünfzigmaligem Durchschaufeln.

Abb. 100. Nach hundertsechzigmaligem Durchschaufeln ausgewalzte Probe.

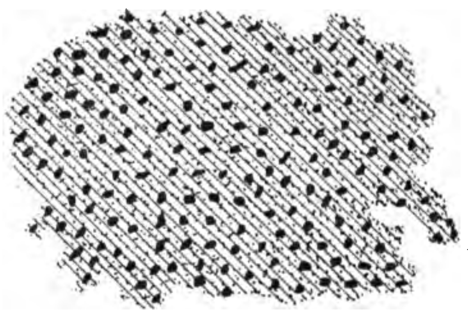
Abb. 101. Nach Zweihundertzehnmaligem Durchschaufeln dreimal ausgewalzte, allmählich grün erscheinende Probe.

Abb. 102. Nach dreihundertzehnmaligem Durchschaufeln und folgendem Auswalzen gleichmäßig gemischte Probe.

Nach weiterem fünfzigmaligen Durchschaufeln — insgesamt zweihundertzehnmal — begann sich eine grüne Färbung der ganzen Masse zu behaupten, und es zeigten sich nach dem dritten Auswalzen nur noch vereinzelte deutlich unterscheidbare Farb- und Mischklümpchen (Abb. 101). Weiter fortgesetztes Schaufeln — bis auf 310 mal — und folgendes Auswalzen lieferte schließlich die gleichmäßige Mischung nach Abb. 102. Nach dem Besprengen der ausgewalzten Masse mit Wasser mittels einer feinen Kamelhaarbürste zeigte sich dem freien Auge das Bild nach

Abb. 103. Die schwarzen Flecke entsprechen tiefdunkelblauen Farbkörnern, die in einer hellgrünen dichten Masse durchaus gleichmäßig eingebettet sind.

Der Versuch zeigt, wie schwierig es ist, zwei verschiedene Stoffe innig miteinander zu vermengen, und daß nach nur mehrmaligem Durchschaufeln von einer gleichmäßigen Mischung noch gar keine Rede sein kann.



Masse aus Mehl und Farbe — Vergrößerte Farbkörner

Abb. 103. Mit Wasser gleichmäßig besprengte Probe (Abb. 102).

Siebvorrichtungen.

Ein fleißiger Mann von durchschnittlicher Leistungsfähigkeit kann in der Stunde 4000 kg Sand mit der Schaufel einmal umwenden, zur einigermaßen gleichmäßigen Mischung ist aber mindestens hundertmaliges Durchschaufeln erforderlich, man müßte also, um in der 10stündigen Schicht 4000 kg Sand durch Umschaufeln gleichmäßig zu mischen, 10 Mann dauernd mit dieser Arbeit beschäftigen. Das ist aus wirtschaftlichen Gründen unmöglich und darum das Durchschaufeln ein äußerst mangelhaftes Mittel zum Mischen des Formsandes.

Eine wesentliche Verbesserung der Gleichmäßigkeit des Gemenges läßt sich erreichen, wenn man es durch ein Sieb laufen läßt, und es dürfte sich lohnen, die Entwicklung dieser Behandlungsart zu verfolgen. Bis vor etwa drei Jahrzehnten begnügte man sich allgemein damit, den Sand anzufeuchten, mit den beizumischenden Stoffen in dünnen Schichten übereinander auszubreiten, mit Wasser aus einer Gießkanne zu überbrausen, mehrmals durchzustechen und schließlich durch einen Durchwurf — ein grobmaschiges, über einen Rahmen gespanntes, aufstellbares Sieb (Abb. 104) — zu werfen. Damit war die Sandaufbereitung erledigt, soweit es sich um gewöhnlichen Formsand handelte; Modellsand wurde außerdem unmittelbar vor seiner Verwendung durch ein Rundsieb (Abb. 105) von feiner Maschenweite über das Modell gesiebt. Das Sieb sollte gröbere Knollen zurückhalten und so größere Gleich-



Abb. 104. Durchwurf.

mäßigkeit des Formsandes erzielen. Das tat es denn auch, denn der zweite Siebvorgang bewirkte eine wesentlich innigere Mischung und Durchlüftung des Formsandes, und verteilte insbesondere die Feuchtigkeit gleichmäßiger durch die Sandmasse. Um das Sieben zu beschleunigen, und um Sandknollen nicht nur zurückzuhalten, sondern auch möglichst zu zerdrücken, legte man prismatische Abgüsse in den Formsand, die mit ihm hin und her gerüttelt wurden. Die gesamte Arbeit des Mischens und Siebens oblag dem Former und dem ihm zur Hilfe und Ausbildung übergegebenen Lehrling.

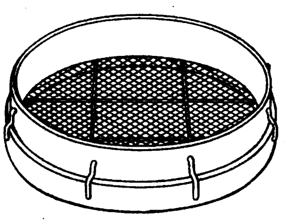


Abb. 105. Handsieb.

Später ging man dazu über, den angefeuchteten, fertig gemischten Formsand in kühlen Räumen einige Zeit — mindestens 24 Stunden — lagern zu lassen, damit sich die Feuchtigkeit von selbst gleichmäßiger durch seine ganze Masse verteile. Diese wahrscheinlich erstmals in Rohrgießereien getroffene Anordnung bedeutete einen wesentlichen Fortschritt. Der Formsand mußte aber dabei wiederholt von einer Stelle zur anderen geschafft werden, und es wäre sehr unwirtschaftlich gewesen, diese Arbeit durch die höchst bezahlten Arbeiter, die Former, verrichten zu lassen, man begann sie ungeschulten Tagelöhnern zu übertragen. Sie halfen vormittags beim Ausleeren der Formen und beim Aufräumen, machten dann den Formsand zurecht und waren abends beim Gießen behilflich. Mitunter ließ man auch einen Teil der Tagelöhner ein bis zwei Stunden vor den Formern antreten, damit diese gleich mit frischem Sande ihre Arbeit beginnen konnten.

Bis etwa gegen Ende der siebziger Jahre wurde die Aufbereitung des Formsandes ausschließlich in der Form- und Gießhalle bewirkt, nur die Aufbereitung des Kernlehmes geschah mitunter in gesonderten Räumlichkeiten. Später ging man dazu über, den kostspieligen hohen Raum der Gießhalle nur der Formerei und Gießerei vorzubehalten, die Sandaufbereitung aber in Nebenflügel oder gesonderte, einfache und niedrigere Räume zu verlegen; nur der unmittelbar und an gleicher Stelle wieder zu verwendende Füll- oder Haufensand wird auch heute noch unmittelbar in der Gießerei mit Durchwürfen oder mechanischen Siebvorrichtungen behandelt. Hand in Hand damit ging die Anstellung von Arbeitern, deren Tätigkeit allein in der Aufbereitung und Beförderung des Formsandes und anderer Formstoffe bestand. Zugleich lernte man der gründlichen Aufbereitung, besonders der innigen Mischung der Formstoffe, eine stetig wachsende Aufmerksamkeit zu widmen.

Mit Durchwürfen läßt sich nur eine wenig belangreiche Mischung erzielen. Wesentlich ausgiebiger wirken mechanisch betriebene, rüttel-

bare Siebe und drehbare Siebtrommeln. Solange Elektrizität und Druckluft als Antriebskräfte den Gießereien fremd waren, mußte man sich

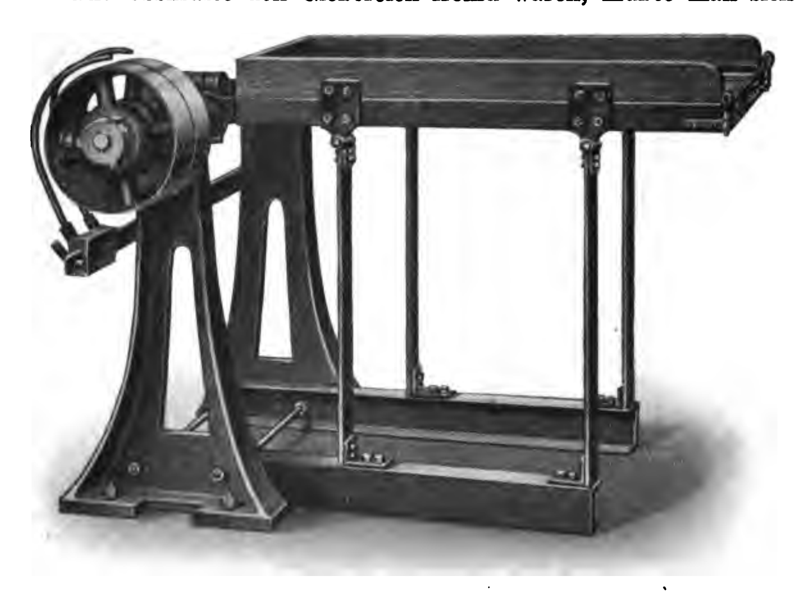


Abb. 106. Siebvorrichtung mit Kurbelantrieb.

mit ortsfesten, von einer Welle aus mit Riemen angetriebenen Siebvorrichtungen behelfen. Man unterschied zwei Hauptausführungsformen: Wagerecht gelagerte und trommelförmig angeordnete Siebe.

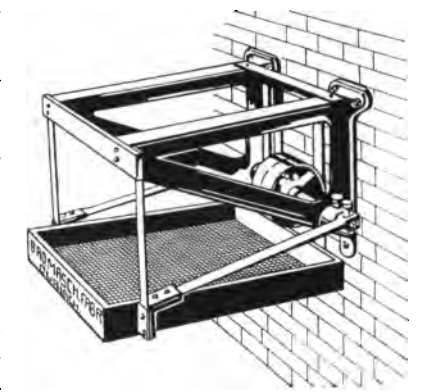


Abb. 107. Wandsieb.

Abb. 106 zeigt eine einfache, in vielen Fällen bestens bewährte Ausführungsform mit wagerecht angeordnetem Siebe [1]). Das Sieb ruht auf starren Schwingen, ist auswechselbar und wird durch einen Kurbelantrieb in Bewegung erhalten. Die Kurbel macht in der Minute etwa 200 Umdrehungen und benötigt dazu rund $^1/_3$ PS. Auf ähnlichen Entwurfsgrundlagen beruht das Wandsieb (Abb. 107) [2]). Es läßt den Boden unter sich völlig frei und hat eine günstig angeordnete Antriebswelle. Der Antriebsriemen und die Riemenscheiben erhalten ein Schutz-

[1]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.
[2]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.



Abb. 108. Freistehendes Sieb mit Differentialrollenantrieb.

gehäuse, das in der Abbildung weggelassen wurde. Bei der in Abb. 108[1]) wiedergegebenen Siebmaschine wird das auf zwei Differentialrollen gelagerte Sieb durch Kurbel- und Pleuelstange von der Antriebswelle aus auf zwei Laufschienen hin und her gestoßen. Das Sieb läßt sich zum Entleeren des Rückstandes leicht aus dem Rüttelrahmen heben. Anordnungen nach Abb. 109[2]) erleichtern das Ausscheiden etwaiger im Sande enthaltener Fremdkörper. Unter dem schräggestellten, leicht auswechselbarem Siebe befindet sich ein in entgegengesetzter Richtung schräg

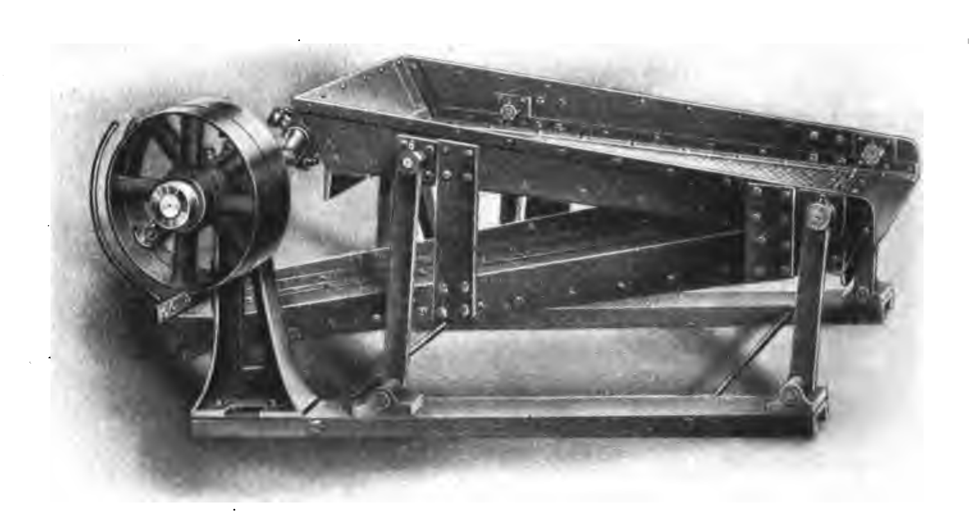


Abb. 109. Siebvorrichtung mit gesonderter Austragung von Siebgut und Abfall.

gelagerter Rücklauf, so daß der Siebdurchfall und der Rückstand

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

an den entgegengesetzten Enden der Maschine ausgetragen werden. Die Bauart wird in drei Größen für Siebe von 800/1200, 900/1500 und 1200/2000 mm ausgeführt, die bei 180 bis 200 Rüttelungen in der Minute je 1, $1^1/_2$ und 2 PS Betriebskraft erfordern.



Abb. 110. Freistehende Siebtrommel mit Abklopfer.

Siebtrommeln, die in zwei Hauptformen ausgeführt werden, sieben den Sand rein aus und ergeben die geringsten Sandverluste. Abb. 110[1]) zeigt eine aus einer Anzahl von Siebrahmen zusammengesetzte Trommel, die durch seitliche gußeiserne Stirnplatten zusammengehalten wird. Die eine Stirnplatte ist mit einer großen Öffnung versehen, durch die der Sand aufgegeben wird, während die andere durch sternförmig angeordnete Rippen verstärkt wird, in deren Mitte die Drehachse ruht. Die Siebrahmen sind mit Flügelschrauben befestigt und leicht einzeln abnehmbar und auswechselbar. Um Verstopfungen zu verhindern, ist eine mechanische Klopfvorrichtung

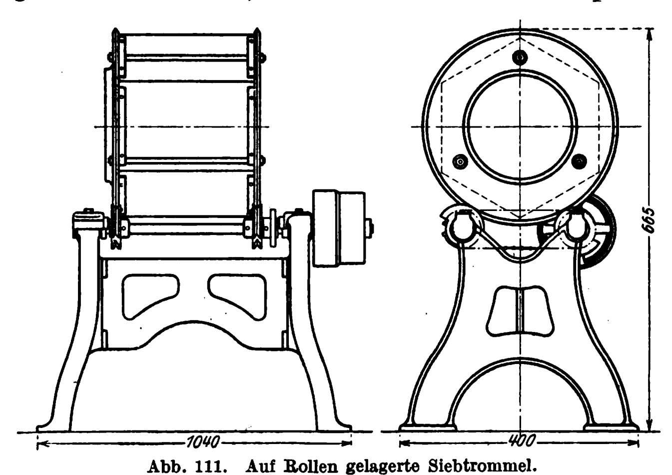


Abb. 111. Auf Rollen gelagerte Siebtrommel.

vorgesehen, die vollkommen selbsttätig und ununterbrochen die Siebrahmen abklopft. Die Maschine läuft mit etwa 25 Umdrehungen in

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

der Minute. Sie hat sich gut bewährt und wird in vielen Gießereien benutzt.

Eine etwas andere Anordnung zeigt Abb. 111 [1]), bei der ein ununterbrochen verlaufendes Sieb zwischen zwei Scheiben gespannt ist, die von Rollen aus, auf denen die Scheiben frei ruhen, angetrieben werden. Der Antrieb erfolgt von einer Riemenscheibe aus, durch die eine Rollenachse unmittelbar gedreht wird, während die zweite durch eine Triebkette bewegt wird. Die Trommel wird durch ihre Antriebsrollen in

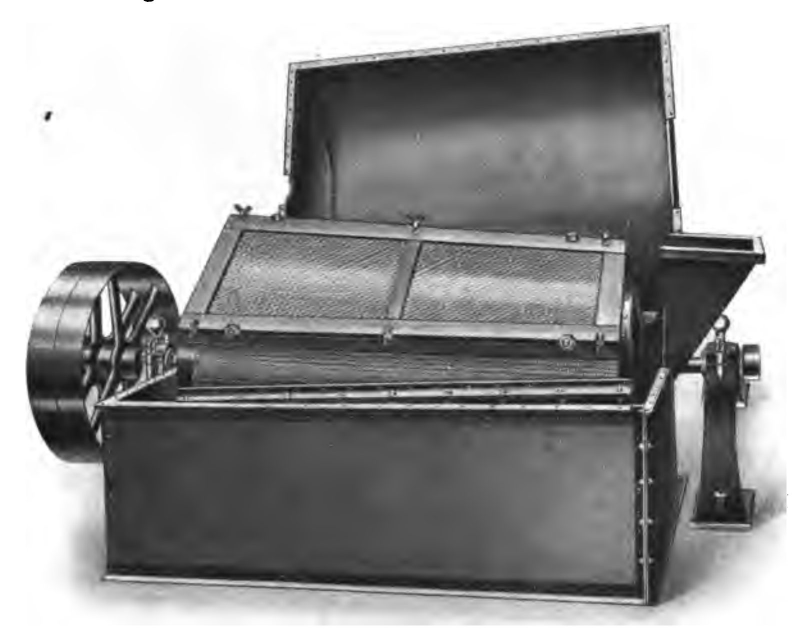


Abb. 112. Trommelsieb mit Staubmantel.

ständigem Schüttern (Vibrieren) gehalten, so daß sich die Maschen nicht zusetzen können, und ein Klopfwerk, das die Lebensdauer der Siebe immer ungünstig beeinflußt, überflüssig wird. Die Rückstände werden wie bei der vorigen Maschine dadurch entfernt, daß man sie während des Ganges der Trommel auf eine durch die Gichtöffnung gehaltene Schaufel fallen läßt, oder indem man die Maschine stillsetzt und die Trommel abnimmt und umstülpt. Solche Maschinen erfordern weniger Kraft als die mit unmittelbar angetriebener Trommel und bieten den Vorteil, nach Bedarf Trommeln mit Sieben von verschiedener Maschenweite zuzulassen. Dagegen dürfte der Verschleiß des Siebes

[1]) Hermann Schoening in Berlin N.

trotz des Wegfalles einer Klopfvorrichtung nicht geringer sein wie im ersten Beispiele. Am vorteilhaftesten wäre wohl eine Bauart, bei der eine aus einzelnen Siebrahmen zusammengesetzte Trommel auf Rollen läuft.

Zum Sieben von feinen, völlig trockenen, staubförmigen Formstoffen benutzt man mehrteilige Trommelsiebe mit Staubmantel nach Abb. 112[1]). Der Mantel (das Gehäuse) ist mit einem Einlauf- und einem Auslauftrichter versehen, damit er während des Betriebes nicht geöffnet werden muß. Die Siebtrommel ruht auf einer durchgehenden Achse und ist unterhalb der Staubsiebe mit einem Schutzsieb aus gelochtem Stahlblech versehen, wodurch dem Feinsiebe ein wirksamer Schutz gegen Eisenteile, grobe Brocken und sonstige schädliche Teile des Siebgutes zuteil wird. Die Maschine wird in sechs Größen mit stündlichen Leistungen von 1 bis 12 cbm gebaut, die einen Kraftaufwand von 0,25 bis 1,5 PS erfordern.

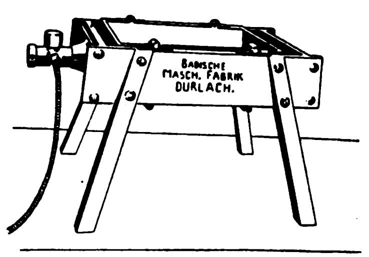


Abb. 113. Ortsveränderliches Druckluftrüttelsieb mit Holzgestell.

Zur Verbreitung mechanisch betätigter Siebvorrichtungen trug die Einführung der Druckluft und Elektrizität in den Gießereibetrieb wesentlich bei. Nicht nur konnten mit ihrer Hilfe die ortsfesten Ein-

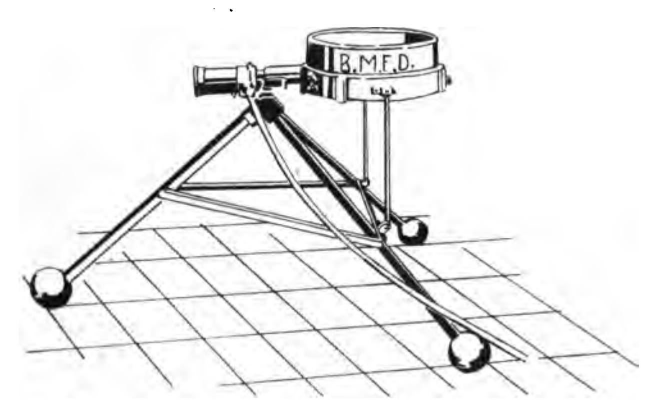


Abb. 114. Ortsveränderliches Druckluftrüttelsieb mit eisernem Dreifuß.

richtungen ohne die im Gießereibetriebe wenig erwünschten Transmissionen betrieben werden, sondern es wurde möglich, ortsbewegliche Siebe zu betreiben, die an der Verwendungsstelle des Formsandes aufgestellt wurden und so beträchtliche, früher für die Hin- und Herbeförderung des Formsandes aufgewendete Löhne ersparten. Die Abb. 113 und 114 zeigen überall leicht aufstellbare, mit Druckluft betriebene

[1]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

Schüttelsiebe[1]). Das erste besteht aus einem starken, vierfüßigen Holzgestell mit viereckigem Rahmen, das zweite aus einem leichten, eisernen Dreifuß mit angegossenen Fußkugeln und rundem Rahmen zur Aufnahme gewöhnlicher Handsiebe. Die Maschine nach Abb. 113 verarbeitet

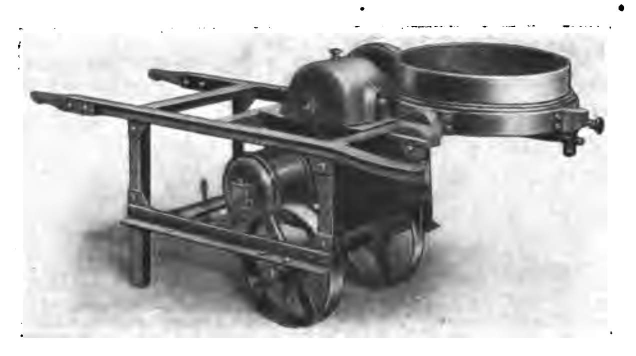


Abb. 115. Fahrbares, elektrisch betriebenes Rüttelsieb mit Differentialrollenmechanismus.

im Dauerbetrieb so viel Formsand, als zwei Arbeiter einschaufeln können, während das Sieb nach Abb. 114 ungefähr die Hälfte leistet. Die viereckige, hölzerne Maschine braucht in der Minute etwa 0,6 cbm vom Kompressor angesaugte Luft, die andere etwa 0,5 cbm. Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist Druckluft von 6 bis 7 Atm Pressung erforderlich.

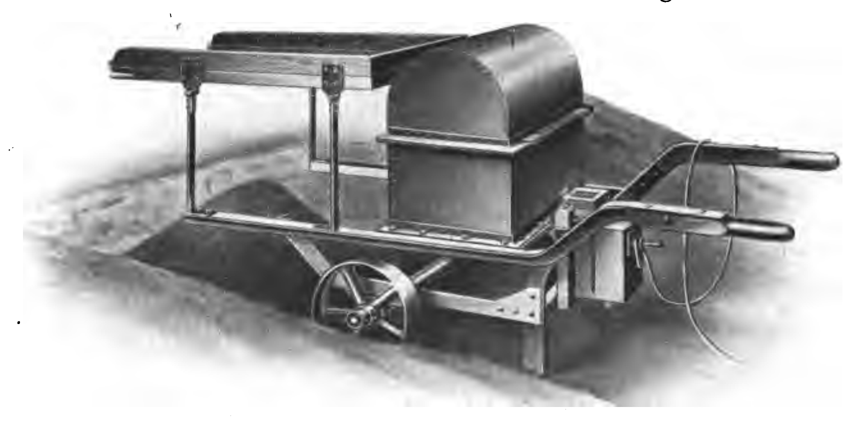


Abb. 116. Fahrbares, elektrisch betriebenes Rüttelsieb mit Schwingenmechanismus.

Das fahrbare Rüttelsieb nach Abb. 115[2]) mit Differentialrollen wird ebenso wie das mittels Schwingen gerüttelte[3]) Sieb nach Abb. 116

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[3]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

durch einen staubsicher eingebauten Elektromotor betrieben. Die Maschinen werden zur Arbeitsstelle gefahren und der Motor mittels Steckkontakt mit einer Kraftstromleitung verbunden. Abb. 117 [1]) zeigt eine ähnlich ausgeführte Siebvorrichtung mit Drehtrommel. Die Maschinen Abb. 116 und 117 verarbeiten bei einem Kraftverbrauche von $^1/_4$ PS in der Stunde etwa 2 cbm Formsand, die Leistung der Maschine nach Abb. 115 dürfte etwas geringer sein.



Abb. 117. Fahrbare, elektrisch betriebene Siebtrommel.

In jüngster Zeit haben aus Amerika stammende, elektrisch betätigte Siebe, die auf Seilrollen laufen und so eine große Grundfläche bedienen können, auch bei uns erfolgreich Eingang gefunden.

Schleudermaschinen.

Um die Mitte der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts brachte die Anwendung der Carrschen Kohlenschleudermaschine [2]) zum Mischen des Formsandes eine wertvolle Verbesserung der Sandaufbereitung.

Der Formsand wird durch das Schleudern innig gemischt und zugleich durch Luftaufnahme beträchtlich aufgelockert, was seiner späteren Gasdurchlässigkeit in hohem Maße zugute kommt. Die Auflocke-

[1]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

[2]) Nach Rittinger, Aufbereitungskunde, 2. Nachtrag, Berlin 1873, S. 10 und Lohse, Jahrbuch des Ver. deutsch. Ing. 1910, S. 123.

rung beträgt bei sachgemäßer Durchführung mehr als 40%, d. h. das Volumen des Sandes nimmt um mehr als 40% zu [1]), was eine ganz außerordentliche Verbesserung bedeutet.

Abb. 118 läßt eine der ältesten Ausführungsformen erkennen. Die senkrechte, von unten durch einen wagerecht, geschränkt laufenden Riemen angetriebene Achse ist in langen Bronzelagern geführt, ruht auf gehärteten Stahlplatten und trägt oben eine mit drei Reihen starker Eisenstifte versehene Scheibe und einen senkrechten Mischkopf mit wagerecht gelagerten Stiften. Durch den oberhalb der Schleuderscheibe angeordneten Trichter gelangt der Formsand über den Mischkopf auf die mit etwa 1000 Umdrehungen in der Minute laufende Scheibe, die ihn durch die Wirkung der Fliehkraft nach außen schleudert. Auf seinem Wege zum Rande der Scheibe stößt er abwechselnd auf die kreisenden Stifte der Drehscheibe und die feststehenden Stifte der Gegenplatte und erfährt so eine sehr gründliche Durcharbeitung; gröbere Knollen und durch ungleiche Befeuchtung entstandene Klumpen werden zerteilt und die verschiedenen Bestandteile innig gemischt. Der Deckel mit den feststehenden Stiften und dem Fülltrichter kann aufgeklappt werden, wodurch Eisenstückchen und sonstige Fremdkörper, die zu groß sind, um durch die Reihen der Eisenbolzen zu treten, leicht entfernt werden können. Ursprünglich verwendete man schmiedeeiserne, runde Schlagbolzen, die sich aber infolge rascher Abnutzung nicht gut bewährten. Heute sind meist achteckige Stahlbolzen (Bohrstahl) in Gebrauch, die eine wesentlich größere Dauerhaftigkeit haben. Für scharfe, siliziumreiche und tonarme Sandsorten ist Verbundstahl, der mehrere Millimeter tief gehärtet wurde, am besten geeignet.

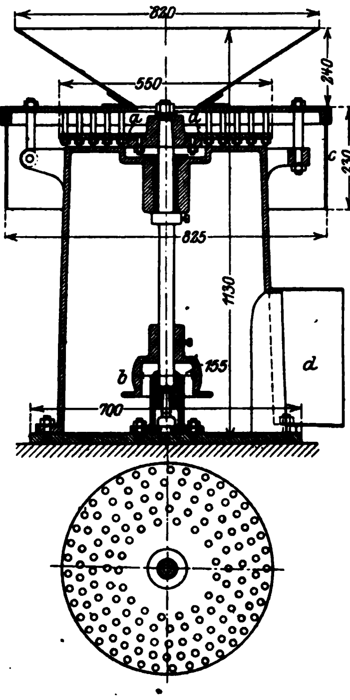


Abb. 118. Schleudermaschine mit wagerechtem Schleuderteller.

Rings um die Schleuderscheibe ist ein Schutzring angeordnet, damit der Sand nicht im weiten Umkreis verschleudert wird. Feste Schutzringe sind nur für ganz trockenen Sand geeignet, beim Schleudern von feuchtem Sand führen sie zu betriebsstörenden Verstopfungen. Für feuchte Formsande stellt man den Schutzring oder Fangmantel aus

[1]) Nach Henning, Stahl und Eisen 1909, S. 817.

Gummi her, so daß sich festsetzender Sand durch Anschlagen mit der Hand entfernt werden kann. Später ging man dazu über, den Schutzring nicht mehr als geschlossenen Reifen, sondern als einen Kranz lose hängender Streifen aus Gummi oder Leder auszubilden, wobei jeder Streifen mit einer Eisenleiste beschwert wurde, erreichte aber damit keinen durchschlagenden Erfolg. Besser hat sich die Ausbildung des Schutzgehäuses (Abb. 119)[1]) zu einer Halbkugel bewährt, doch muß auch dabei darauf geachtet werden, daß der Formsand nicht zu naß in die Maschine gebracht wird. Stets ist die Vorsicht zu beachten, den Einlauftrichter nicht ganz zu füllen, da



Abb. 119. Schleudermaschine mit wagerechtem Schleuderteller und mit Schutzgehäuse.

nur bei teilweiser Füllung ein kräftiger Luftstrom mitgerissen wird, der den Verstopfungen beträchtlich vorbeugt und, was die Hauptsache ist, wesentlich zur Lockerung des Sandes beiträgt.

Abb. 120[2]) zeigt eine Sandschleuder neuester Bauart mit elektrischem Antriebe. Vier auf einen kräftigen Eisenring geschraubte Säulen bilden das Gestell der Maschine, das durch ein etwas oberhalb ihrer halben Höhe angebrachtes Armkreuz weiteren Halt gewinnt. Das Armkreuz umschließt einen staubdicht gekapselten Elektromotor, auf dessen lotrechter Achse die Nabe einer Vollscheibe aufgekeilt ist. Auf der oberen Fläche der Vollscheibe sind in konzentrischen Kreisen drei Reihen

---

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Maschinenfabrik Oerlikon in Oerlikon bei Zürich.

radial gegeneinander versetzter Rundbolzen in üblicher Weise festgeschraubt. Das aus zwei Teilen — einem Einlauftrichter und einer Schutzhaube — bestehende Oberteil sitzt lose auf den oberen, plattenförmig ausgebildeten Abschlüssen der Gestellsäulen. Der zweipferdige Motor läuft mit etwa 960 Umdrehungen in der Minute und kann an jede Licht- oder Kraftleitung angeschlossen werden. Stromart und Motorspannung können allen Sonderverhältnissen angepaßt werden. Abb. 121 zeigt die Maschine nach vollbrachter Arbeit inmitten eines Haufens frisch



Abb. 120. Elektrische Sandschleudermaschine.

geschleuderten Formsandes. Sie wiegt etwa 270 kg, ist 1,2 m hoch und hat einen äußeren Durchmesser von rund 90 cm. Wenn zwei oder drei Mann ununterbrochen Sand zuschaufeln, vermag sie in der Minute 3—500 kg Sand zu verarbeiten.

Oft führt man solche Schleudermaschinen als Wandmaschinen (Abb. 122)[1]) aus, wodurch unterhalb der Schleuderplatte ein völlig freier Raum gewonnen wird. Man kann dann eine größere Menge Sand schleudern, ehe es nötig wird, mit seiner Abfuhr zu beginnen. Ferner entsteht die Möglichkeit, mit Schubkarren oder Schmalspurwagen unter die Maschine zu fahren, um den fertigen Sand fortzubringen, ohne ihn erst in Abfuhrgefäße einschaufeln zu müssen.

Mit Riemen betriebene stehende Sandschleudern werden im all-

[1]) Hermann Schoening in Berlin N.



Abb. 121. **Sandschleudermaschine in Betrieb.**

gemeinen für stündliche Leistungen von 2 bis 6 cbm gebaut und erfordern durchschnittlich etwa 0,75 PS für den Kubikmeter stündlicher Leistungsfähigkeit.

Stehende Schleudermaschinen eignen sich besonders gut für fetten und groben Formsand, wie er für große, schwere Gußstücke oder gröbere Massenwaren, z. B. Gas- und Wasserleitungsröhren, gebraucht wird. Auch in kleinen Handgießereien, wo wenig Kraft zur Verfügung steht und auf geringen Anschaffungspreis Wert gelegt wird, sind sie am richtigen Platze. Bei großem Bedarfe und gesteigerten Ansprüchen an die Gleichmäßigkeit und Luftigkeit des Formsandes, vor allem in Gießereien

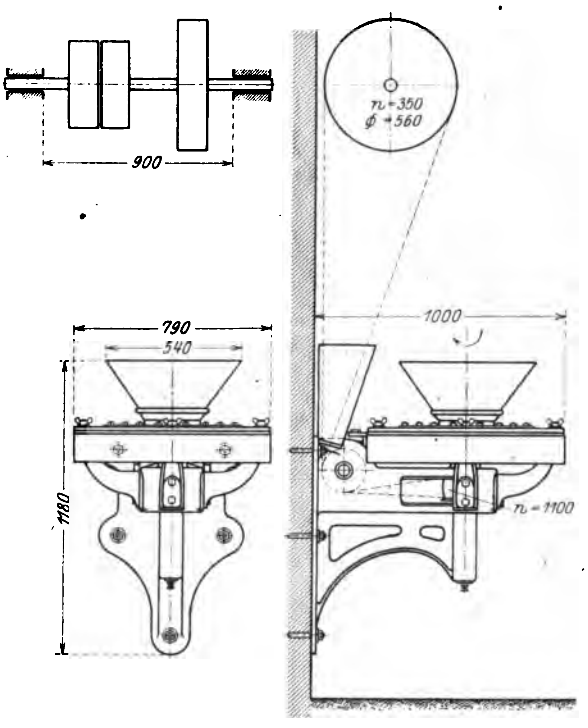


Abb. 122. Wandschleudermaschine.

mit Formmaschinenbetrieb, sind die Sandschleudermühlen mit wagerechter Drehachse (Desintegratoren) vorzuziehen. Sie werden mit einem oder mit zwei sich drehenden Stiftkörben ausgeführt. Die Maschinen mit nur einem Stiftdrehkorbe haben einen zweiten feststehenden Stiftkorb (Abb. 123)[1]), so daß der Sand ähnlich behandelt wird wie bei den Maschinen mit lotrechter Drehachse. Da aber hier während des Arbeitsganges auch die Schwerkraft des Sandes eine gewisse Rolle spielt, wird der Formsand gründlicher aufgelockert. Der Kraftbedarf beträgt etwa 1 PS für 1 cbm stündlicher Leistung.

[1]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

Die vollkommenste Mischung erzielen Schleudermühlen mit zwei einander entgegengesetzt bewegten Stifttellern (Abb. 124)[1]. Der Sand erfährt eine außerordentlich gründliche Durcharbeitung, wird er doch ungefähr in der Mitte der Drehkörbe aufgegeben und wird, ehe er zu Boden fallen kann, von jeder Stiftreihe getroffen und mit großer Kraft nach einer anderen Richtung geschleudert. Infolgedessen verläßt er die Maschine in durchaus gleichmäßigem, luftigem, sich weich und samtartig anfühlendem Zustande. Der Antrieb der beiden Riemenscheiben erfolgt in entgegengesetzter Richtung. Die Lager sind staubdicht geschlossen und mit Ringschmierung versehen. Die Maschine

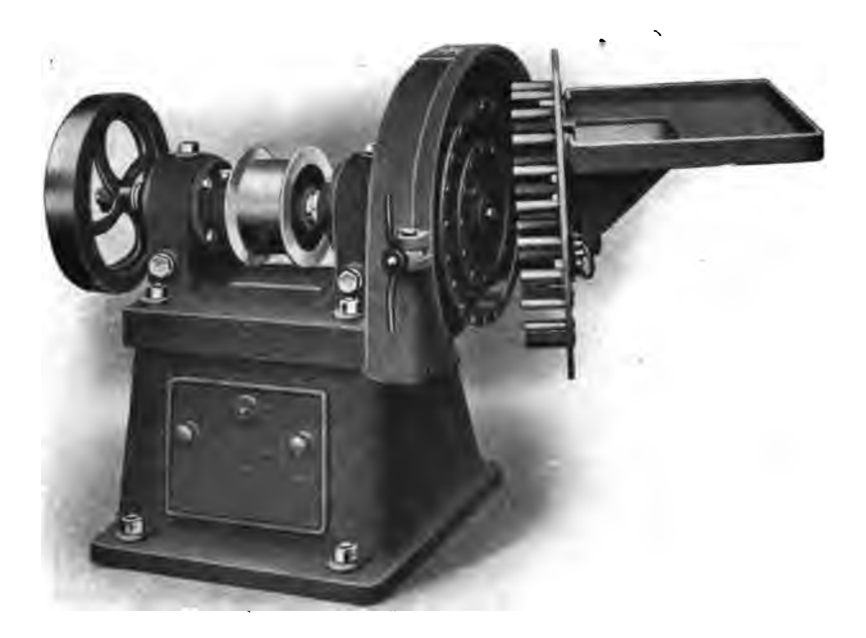


Abb. 123. Schleudermaschine mit wagrechter Drehachse.

wird je nach Bedarf auf einem gußeisernen Gestell oder auf einem Mauersockel aufgestellt. Es sind verschiedene Ausführungen am Markte, z. T. werden an Stelle einer hohlen und einer vollen Achse zwei volle Achsen verwendet. Der Antrieb erfolgt dann von beiden Seiten des Schutzgehäuses. Die Lager können als Kugellager ausgebildet werden, wobei sich eine geringe Kraftersparnis ergibt. Das Schutzgehäuse wird im ganzen abhebbar ausgeführt, zum Aufklappen nach der Seite ausgebildet oder mit einem oder mehreren Deckeln versehen, die eine Reinigung der Stiftkörbe zulassen. Man baut die Maschine mit stündlichen Leistungen von 3 bis 12 PS. Die kleinen Nummern bedürfen für den

[1]) Ardeltwerke, G. m. b. H. in Eberswalde bei Berlin

Stunden/Kubikmeter $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ und die großen $1^1/_2$ bis $1^1/_4$ PS. Mitunter angegebene höhere Kraftleistungen sind im Dauerbetriebe nicht eingehalten worden, dagegen steigt der Kraftbedarf bei nicht ganz sorgfältiger Wartung der Maschinen und bei recht geringfügigem Verschleiße bald recht beträchtlich.

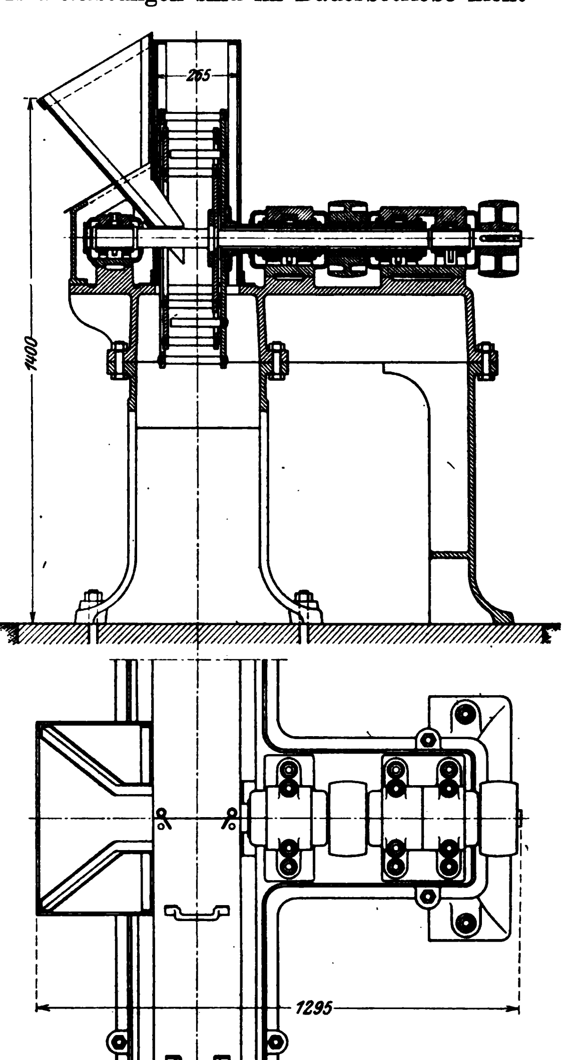


Abb. 124 und 125.

Man hat versucht, am Einwurf Schüttelwerke anzubringen, um dort Verstopfungen vorzubeugen. Dadurch wurde aber nichts anderes erreicht als Verzögerungen der Arbeit und häufige Störungen und Ausbesserungen. Heute sind solche Vorkehrungen nicht mehr anzutreffen.

Eine erst vor wenig Jahren bekannt gewordene, äußerst einfache und nach den allerdings noch spärlichen Mitteilungen aus der Praxis gut arbeitende Schleudermaschine [1]) besteht aus einer Bürstenwalze, die unmittelbar unter dem Einwurfstrichter liegt. Sie zieht den Sand aus dem Einwurfe und schleudert ihn gut gemischt, knollenfrei und feiner als gesiebt ganz lose auf einen Haufen. Schwere Verunreinigungen fallen infolge ihres höheren Gewichtes zwischen dem Sandhaufen und der Maschine zu Boden. Ein wesentlicher Vorzug

[1]) Von Alexander Bastian in Hagen i. W.

der Maschine liegt darin, daß mit ihr Sand von beliebiger Feuchtigkeit verarbeitet werden kann. Sie läuft mit etwa 900 Umdrehungen/Minute, liefert so viel Sand, als ein Mann einschöpfen kann und erfordert 1 PS.

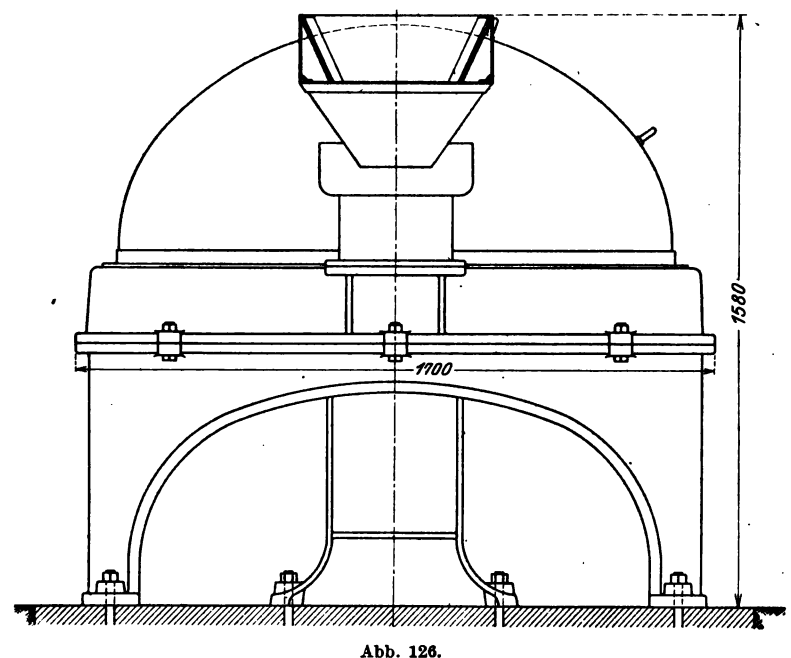


Abb. 126.

Abb. 124—126. Schleudermaschine mit zwei entgegengesetzt bewegten Stifttellern.

Vormischer und Anfeuchter.

Die Formstoffe müssen den Siebmaschinen und Schleudermühlen schon etwas vorgemischt zugeführt werden. Nur in kleinen Betrieben ist es zweckmäßig, den Sand von Hand durch Umschaufeln vorzumischen, für größere Sandmengen und überall dort, wo auf genaues Einhalten der Sandmischung Wert gelegt wird, bedient man sich mechanisch betätigter Vormischer. Insbesondere für selbsttätige Sandaufbereitungen sind solche Vormischer kaum zu entbehren.

Abb. 127 zeigt einen in Amerika in vielen Betrieben eingeführten und gut bewährten[1]) fahrbaren Vormischer. Er wird über den mit Neusand in abwechselnden Schichten gelagerten und fertig angefeuchteten Haufensand gefahren, wobei seine schraubenförmig gebogenen Flügel, die gehoben und gesenkt werden können, den Sandhaufen gut durcheinander mischen. Sein Mechanismus wird durch einen Elektromotor, dem der Strom durch ein sich selbsttätig abwickelndes Kabel

[1]) Nach B. Keller, Stahl und Eisen 1914, S. 1421.

zugeführt wird, in Tätigkeit gesetzt und zugleich vorwärts bewegt. Er mischt so gründlich, daß bei bescheidenen Ansprüchen, wie sie z. B. an gewöhnlichen Haufen- oder Füllsand gestellt werden, von einer weiteren Bearbeitung des Mischgutes in vielen Fällen abgesehen werden kann.

Die größte Verbreitung haben Trogmischer für nasse und trockene Mischung gefunden. Abb. 128[1]) und 128a[2]) zeigen die gebräuchlichsten Ausführungsformen von Naß-Vormischern mit Kegelrad- und mit Stirnradantrieb. Sie bestehen im wesentlichen aus einem schmiedeeisernen Trog mit Blech- oder Gußeisenstirnenden, in dem sich eine schmiedeeiserne, mit auswechselbaren messerartigen Mischflügeln besetzte Welle

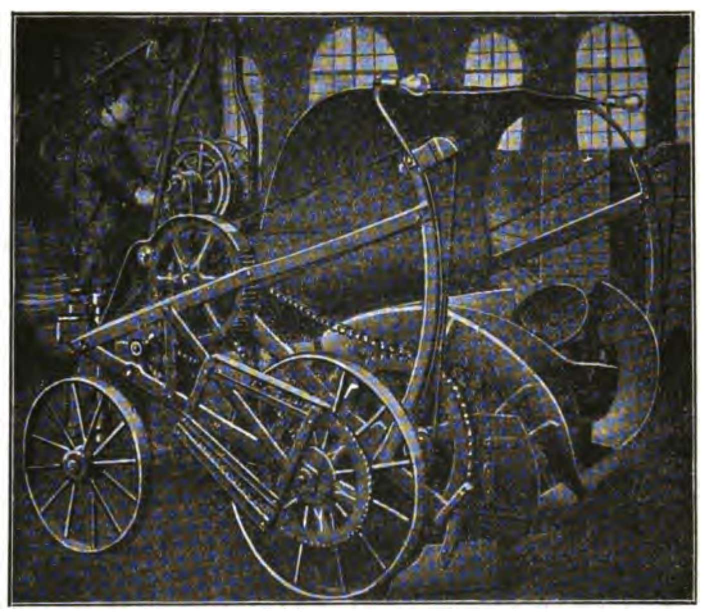


Abb. 127. Fahrbarer Vormischer.

befindet, durch deren Drehung das eingesetzte Gut gemischt wird. Über dem Trog ist ein feingelochtes, mit einem Absperrhahn versehenes Brauserohr angeordnet, durch das der Sand nach Bedarf angefeuchtet werden kann. Die Mischflügel sind so gestaltet, daß sie zwar das an einem Ende des Troges aufgegebene Mischgut allmählich an das andere Ende schieben, es aber dennoch hindern, ihrer drehenden Bewegung zu folgen. Die am frühesten dem Verschleiße unterworfenen Teile, die Mischflügel, können in beiden Fällen leicht ausgewechselt werden. Man baut Vormischer für Leistungen von stündlich 4 bis 20 cbm. Sie erfordern je

[1]) Gebr. Pfeiffer, „Barbarossawerke“ in Kaiserslautern.
[2]) Ardeltwerke, G. m. b. H. in Eberswalde b. Berlin.

nach der Art des Mischgutes für einen Kubikmeter stündlicher Leistung 1–2 PS.

Die gründlichste Mischung der einzelnen Bestandteile wird durch trockenes Durcharbeiten und nachfolgendes Anfeuchten und Durchkneten



Abb. 128. Trogmischer mit Kegelradantrieb.

erreicht. Nach einer Ausführung von A. Stotz in Stuttgart wird die trockene Mischung mit Hilfe eines Mischkastens (Abb. 129) mit selbsttätiger regelbarer Zuteileinrichtung (Abb. 130), der für jeden für die Sandmischung in Frage kommenden Grundstoff eine eigene Abteilung



Abb. 128a. Trogmischer mit Stirnradantrieb.

hat. Die Größe des Behälters richtet sich nach der Zahl der Grundstoffe und der Gesamtmenge des in einer Schicht zu erzeugenden Formsandes. Jede Abteilung verjüngt sich nach unten und mündet mit 3 bis 4 Schlitzen in einen Trog mit Förderschnecke (Abb. 130), deren Umdrehungszahl von außen durch eine Einstellvorrichtung beliebig geregelt werden kann.

Die Einstellvorrichtung besteht aus einer am Ende des Troges sitzenden Antriebsscheibe mit einer Reihe von konzentrischen Zahnkränzen. Durch Einschaltung verschiedener Zahnkränze wird die Geschwindigkeit der Förderschnecken und damit die Menge des Sandes oder sonstigen Formstoffes, den sie der im rechten Winkel zu ihr angeordneten Trocken-Mischschnecke zuführen, genau geregelt, so daß leicht und rasch innerhalb weiter Grenzen jedes beliebige Mischungsverhältnis hergestellt werden kann. Eine Tafel (Tabelle) am Mischkasten zeigt die Einstellung der Getriebe, so daß irgendeine bestimmte Sandmischung jederzeit genau wiederholt werden kann.

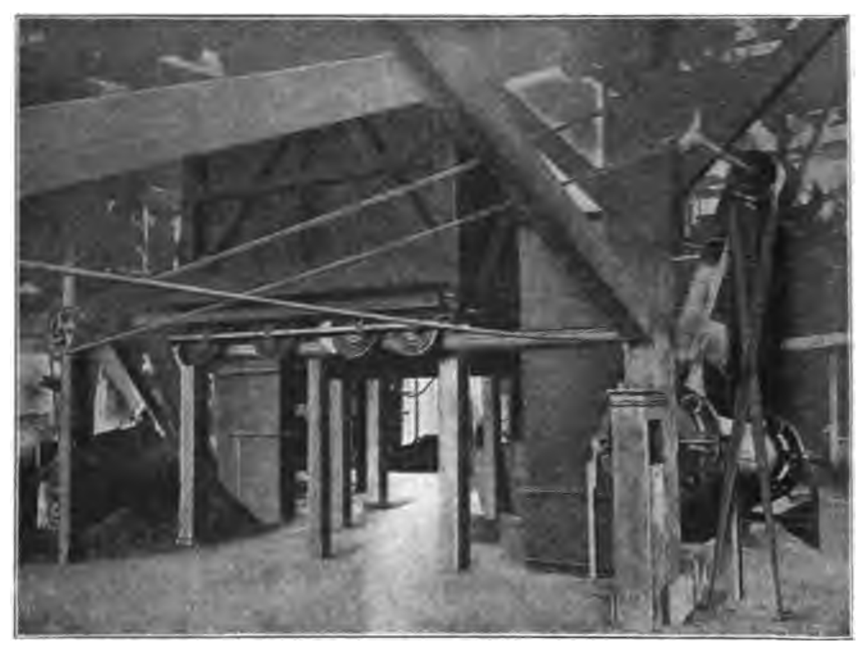


Abb. 129. Mischkasten mit selbsttätig regulierbarer Zuführung.

Mit Hilfe eines Mischkastens können neue Formsandsorten und Zusatzstoffe rasch und zuverlässig erprobt werden. Oft genug sind Sandsorten, die auf den ersten Blick oder nach oberflächlicher Untersuchung wenig geeignet erscheinen, bei sorgfältiger Aufbereitung dennoch gut verwendbar. Es kommt nur darauf an, das richtige Mischungsverhältnis zu ermitteln und dauernd einzuhalten. Ein Mischkasten mit mechanisch geregelter Austragung macht die Arbeit von der Willkür des Arbeiters unabhängig, man hat nur nach dem Ausprobieren einer Mischung den Apparat ein für allemal auf das ermittelte Mischungsverhältnis fest einzustellen.

Abb. 131 zeigt eine Zuteilvorrichtung mit Aufgebeschuh[1]). Ein exzentrisch angetriebener Boden, der einen Sandbehälter unten ab-



Abb. 130. Zuteilvorrichtung zum Mischkasten Abb. 129, während der Montage.

schließt, gleitet über Rollen. Der Sand setzt sich in der ganzen unteren Breite des Behälters auf den als Aufgebeschuh wirkenden Boden, der

[1]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 896.

bei jedem Schube so viel Sand nach vorne mitnimmt, als der senkrecht stehende Schieber zuläßt. Bei der Rückwärtsbewegung des Bodens wird dann der auf ihm ruhende Sand durch die Wand des Behälters abgestreift. Am Bilde der selbsttätigen Sandaufbereitung Abb. 227, S. 227 ist die allgemeine Anordnung eines mechanisch betätigten Aufgebeschuhs deutlich zu erkennen.

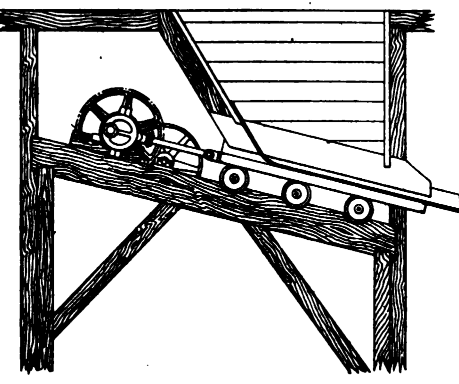


Abb. 131. Zuteilvorrichtung mit Aufgabeschuh.

Eine etwas andere Ausführung ist der Abb. 132 zu entnehmen [1]). Der Schieber hat 100 mm Hub und wird in der Minute 80mal hin und her bewegt. Die Sandmenge wird durch einen Schieber geregelt, der mittels Handrad und Zahnstange genau eingestellt werden kann. Eine Einteilung am Handrad zeigt die Schieberöffnung an.

Aufgebschuhe, die auf Schaufelförderer arbeiten, werden am einfachsten vom Gestänge des Schaufelförderers aus bedient, wie es Abb. 133



Abb. 132. Nach Bedarf einstellbare Zuteilvorrichtung mit Aufgabeschuh.

erkennen läßt [2]). Der Gestängehub des Schaufelförderers wird durch einen abgefederten Anschlag, der zum Ein- und Ausschalten durch einen Hebel um 90° gedreht werden kann, auf etwa 100 mm verkleinert.

[1]) Nach H. Behrens, Z. Ver. deutsch. Ing. 1914, S. 167.

[2]) Nach H. Behrens, Z. Ver. deutsch. Ing. 1914, S. 165.

Bei der Vorwärtsbewegung tritt aus dem Behälter Sand auf den Boden, um bei der Rückwärtsbewegung abgestreift zu werden. Zwei seitliche



Abb. 133. Bedienung des Aufgabeschuhes vom Gestänge des Schaufelförderers aus.

Schieber, die wieder mittels Zahnstange und Handrad eingestellt werden können, regeln die aus dem Behälter tretende Sandmenge. Die Abb. 219,

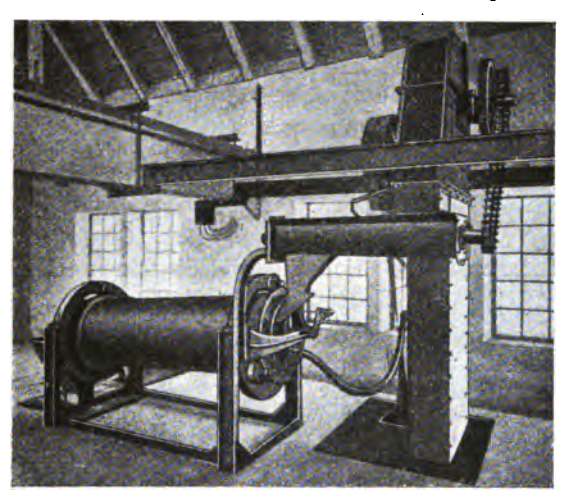


Abb. 134. Zwischen Trockenmischer und Naßmischtrommel geschaltete Anfeuchtvorrichtung.

S. 221 gewährt einen Blick auf eine Reihe so betätigter Zuteilvorrichtungen.

Nicht minder wichtig wie die gleichmäßige Mischung ist die gleichmäßige Durchfeuchtung des Formsands. Sie wird bei selbsttätigen

Aufbereitungsanlagen meistens mittels eines Brauserohrs ausgeführt, das oberhalb des Mischtrogs angeordnet wird. Genauer arbeiten Anfeucht- und Mischtrommeln. Abb. 134 zeigt eine ausgeführte Anlage, bei der der Formsand mittels eines Becherwerks in einen Trockenmischer und von diesem in die Anfeucht- und Mischtrommel gelangt. Abb. 135 läßt in größerem Maßstabe die Einzelheiten der Anfeuchtvorrichtung erkennen. Das Sandgemisch fällt durch den Einlauf in gleichmäßigem Strahl in die Trommel und wird während des Fallens mittels einer Streudüse, die das Wasser gleichmäßig staubförmig austreten läßt, angefeuchtet. Durch die Drehung der schräg liegenden Trommel wird der angefeuchtete Sand langsam bis an ihr unteres Ende geführt und dabei andauernd gemischt. Da der Sand während des Anfeuchtens frei in die Trommel fällt, wird jedes Drücken und Kneten vermieden. Das ist sehr wichtig, weil die einzelnen Teile des Gemisches — Kohlenstaub, Ton, Quarz, etwaige Binder oder Magerungsmittel — die Feuchtigkeit sehr ungleich aufnehmen und daher gewaltsames Kneten zu Entmischung und Knollenbildung führen würde.

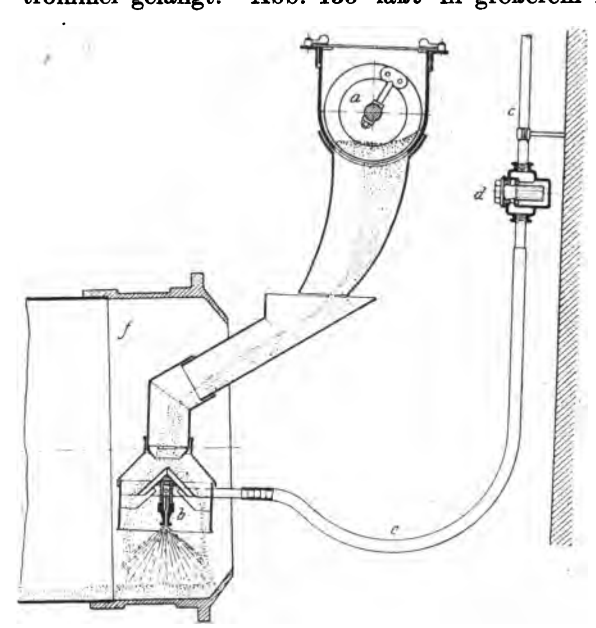


Abb. 135. Einzelheiten der Anfeuchtvorrichtung in Abb. 134.

Die Reinigung des alten Formsandes.

Alter, d. i. gebrauchter Formsand muß vor seiner Wiederverwendung von den Fremdkörpern befreit werden, die ihm während des Formens, Gießens und Ausleerens beigemengt wurden, außerdem sollen, um ihn wieder ganz vollwertig zu machen, auch alle durch die Gießhitze tot gebrannten Bestandteile beseitigt werden. Größere Teile wie Eingüsse, Anschnitte, Steiger lassen sich durch Roste oder durch Durchwürfe beseitigen. Mittlere Stücke können durch grobe Siebe

oder durch blecherne Vorsiebtrommeln (S. 137) entfernt werden, kleine Teile scheidet man mit feinen Sieben, verbrannten Staub mit Windsichtern (S. 160 u. f.) ab. Eisenteile, die durch grobe Siebe nicht mehr entfernt werden können und feine Siebe zu rasch verschleißen würden, werden mit **Magneten** beseitigt. Ausscheidemagnete werden entweder als **Flachmagnete** (Abb. 136)[1]) ausgebildet oder in Magnetwalzen untergebracht. Flache Magnete baut man zwischen den Aufgabetrichter und die Misch- oder Schleudervorrichtung einer Aufbereitungsmaschine ein, so daß der gesamte der Maschine zugeführte Formsand über das Magnetfeld gleiten muß. In den Arbeitspausen werden die festsitzenden Eisenteile von Hand oder mit einer kräftigen Bürste vom Magneten entfernt. Der Unbequemlichkeit der Eisenentfernung halber sind solche Magnete wenig verbreitet.



Abb. 136. Flachmagnet.

Ausgedehnte Verbreitung und mannigfaltige Ausbildung haben dagegen **Magnetwalzen** gefunden. Man kann **Permanent-** oder **Elektromagnete** verwenden. Die Elektromagnete haben den Vorzug, ständig volle magnetische Wirkung zu behalten, während die permanenten Magnete allmählich nachlassen und von vornherein nur geringe magnetische Kraft haben können. Die Erregung elektrischer Magnete kann nur mit Gleichstrom bis zu 600 Volt erfolgen.



Abb. 137. Eisenausscheider mit Permanentmagnet.

Ursprünglich bildete man Magnetwalzen aus, die in ihrem ganzen Umfange gleichmäßig elektrisch erregt wurden. Das an ihnen haftende Eisen wurde durch eine Bürstenwalze abgestreift. Die Anordnung erforderte einen beträchtlichen Kraftverbrauch zum Antrieb der Bürstenwalze und verursachte zudem durch baldigen Verschleiß der Bürsten regelmäßige Erneuerungskosten. Heute dürften wohl ausnahmslos nur mehr Magnetwalzen mit einseitigem Magnetfelde zur Ausführung kommen.

[1]) **Steinlein & Kunze**, G. m. b. H. in Coblenz.



Abb. 138. Elektromagnetmaschine.

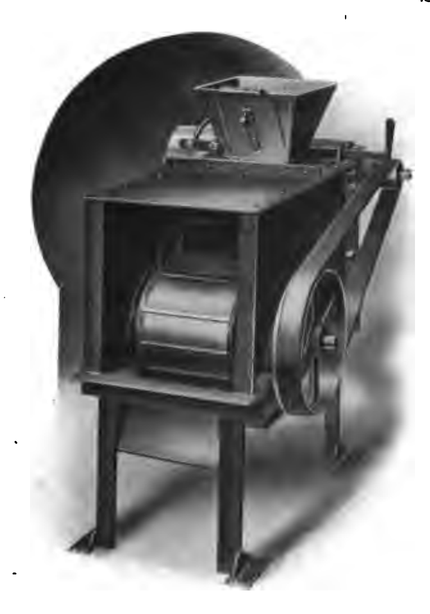


Abb. 139. Elektromagnetmaschine mit längerem Gehäuse.

Abb. 137 zeigt einen Eisenausscheider[1] mit einem Permanentmagneten, dessen Wirkung auf einer Walze beruht, die sich um einen feststehenden, aus einzelnen Magneten zusammengesetzten Kern dreht, der verschoben werden kann, um das Magnetfeld nach Bedarf einstellen zu können. Die der Trommel mit dem Formsande zugeführten Eisenteile werden vom magnetischen Kern festgehalten, von der sich rasch drehenden Trommel mit Gewalt über das Magnetfeld gezogen, um durch eine Rutsche abzugleiten, sobald sie nicht mehr unter der Wirkung des Magnetes stehen. Der eisenfreie Sand wird nicht mitgerissen und rutscht auf der zweiten Rinne in entgegengesetzter Richtung ab. Die Maschine wird in vier Größen mit Walzenbreiten von 100 bis 200 mm ausgeführt.

Den Permanentmagneten gegenüber zeichnen sich die elektrisch erregten Magnete durch stets gleichbleibenden, sehr starken Magnetismus aus. Sie werden gewöhnlich auf einer feststehenden Achse exzentrisch angeordnet, während sich in ganz geringer Entfernung ein geschlossener Mantel dreht. Die Lage des Magnetfeldes ist wie bei den Permanentmagneten verstellbar.

Wo nur über Dreh- oder Wechselstrom verfügt werden kann oder wo gar keine elektrische Kraft zu haben ist, empfiehlt es sich, zum Betriebe eines Elektromagneten eine kleine Erregerdynamo aufzustellen. Je nach der Leistungsfähigkeit des Elektro-

[1] Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

magneten benötigt man Dynamos von $^1/_{20}$ bis $^1/_2$ PS mit einer Erregung von 0,8 bis 1,9 Amperes bei 110 Volt Spannung. Erreger-Umformer im Anschluß an Dreh- oder Wechselstrom zu verwenden, ist meist zu teuer. Die Anschaffung einer kleinen Gleichstrommaschine erfordert eine verhältnismäßig geringe einmalige Ausgabe, die Maschine ist überall leicht unterzubringen, wo eine Transmission vorhanden ist, und die Herstellung der Verbindungsleitung kann von jedem Monteur ausgeführt werden.

Abb. 138 zeigt eine Elektromagnetmaschine[1]), die in vier Größen mit stündlichen Leistungen von 0,2 bis 1 cbm Krätze ausgeführt wird, Abb. 139 eine andere Ausführungsform[2]), deren vier Größen bei den gleichen stündlichen Leistungen (0,2 bis 1 cbm Krätze) etwa $^1/_{20}$ bis $^1/_6$ PS erfordern. Die Maschine ist verhältnismäßig lang gehalten, damit sich der Sand auf der Schüttelrinne gut ausbreiten kann. Die Durchläufe sind weit genug, um auch gröbere Stücke durch die Maschine laufen zu lassen. Für sehr große Leistungen kommen Maschinen nach Abb. 140[3]) in Betracht. Ihr Walzenmantel ist verstärkt und dadurch gut gegen vorzeitigen Verschleiß geschützt. Die Maschine wird in vier Größen für stündliche Leistungen von 1 bis 3 cbm Krätze ausgeführt und bedarf dabei bei einer Erregung von 3,2 bis 6 Amperes und 110 Volt Spannung 0,5—1,5 PS Antriebskraft.

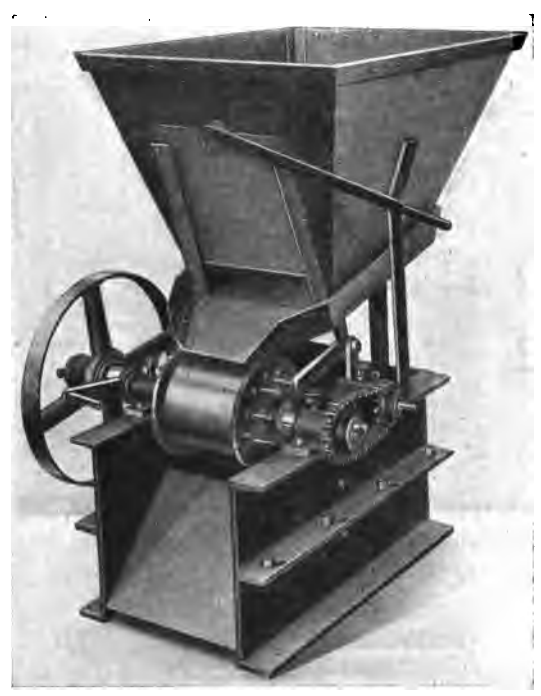


Abb. 140. Elektromagnetmaschine mit verstärktem Walzenmantel für sehr große Leistungen.

In Abb. 141[4]) ist ein fahrbarer Eisenabscheider in einem Schnitte und einer Ansicht wiedergegeben. Bei *a* wird der Formsand auf

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.
[3]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[4]) Bauart Schulz, Memmingen; nach Stahl und Eisen 1913, S. 2125.

die Schüttelrinne *b* gebracht, die ihn an den Scheider *c* weitergibt. Der Antrieb erfolgt durch Riemen oder durch einen unter dem Trichter eingebauten Motor *d*. Durch ein Kettengetriebe wird die Kraft auf die Magnettrommel übertragen, eine Spiralfeder *e* regelt die Bewegung der Schüttelrinne. Die Magnettrommel von 220 mm Durchmesser ist mit einem kräftigen Hartstahlblechmantel ausgestattet, die Wickelung besteht aus isoliertem Aluminiumdraht, wodurch die Maschine recht widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit ist. Sie kann im Freien aufgestellt und

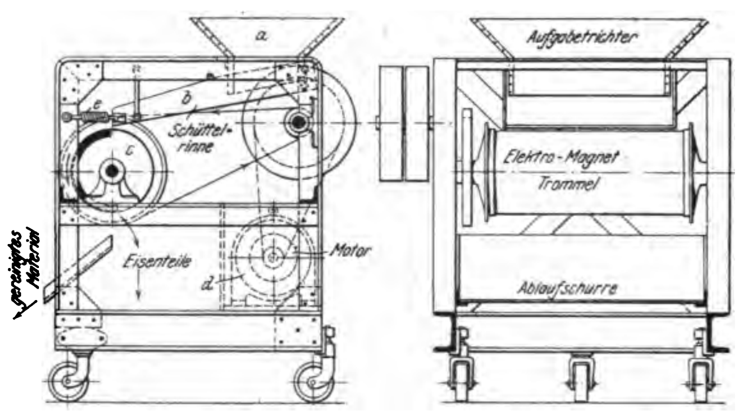


Abb. 141. Fahrbarer Eisenabscheider.

mit nassem Sande beschickt werden. Die Abmessungen, Gewichte und Leistungen ihrer vier Größen sind folgende:

Stündliche Leistung . . .	cbm	1,5	2,5	3,5	5,5
Stromverbrauch	KW	0,6	0,65	0,7	0,74
Gewicht	kg	390	425	460	500

Die Maschine kann an jede Licht- und Kraftleitung angeschlossen werden.

Abb. 142 zeigt das Schema zur Anordnung eines ortsfesten elektromagnetischen Eisenabscheiders[1]). Seine Trommel besteht aus einer Anzahl einseitiger Elektromagnete, die von einer Messinghülse umschlossen sind. Durch die einseitige Anordnung der Magnete wird das magnetische Feld auf eine Hälfte der Trommeloberfläche beschränkt, während die andere Hälfte unmagnetisch bleibt. Das magnetische Feld kann durch einen seitlich angebrachten Hebel in jeder beliebigen Lage eingestellt werden. Der Sand gelangt durch das Walzwerk auf die mit etwa 30 Drehungen in der Minute laufende Trommel, an deren Umfang Eisenteile während einer halben Umdrehung festgehalten werden, bis sie das magnetische Feld verlassen und abfallen, um in ein Becherwerk zur weiteren Bearbeitung zu gelangen.

[1]) Nach H. Behrens, Z. Ver. deutsch. Ing. 1914, S. 167.

Magnetwalzen (Abb. 143)[1]) können einzeln bezogen und in Aufbereitungsmaschinen eingebaut werden. Man hat dann auf richtige Bemessung der Magnetfeldlängen zu achten. Ihre Länge muß so groß wie die Breite der Formsandzuführung sein.

Die Leistungsangaben der folgenden Zahlentafeln beziehen sich auf eine Formsandschicht von 1 mm Stärke. Praktisch wird man im allgemeinen mit wesentlich stärkeren Formsandschichten arbeiten können; bei 10 mm Schichtstärke ergibt sich z. B. das Zehnfache der in der Zusammenstellung angegebenen Leistungen. Je feiner die zu beseitigenden Eisenteile sind, um so dünner muß die Formsandschicht sein, die über die Walze geleitet wird.

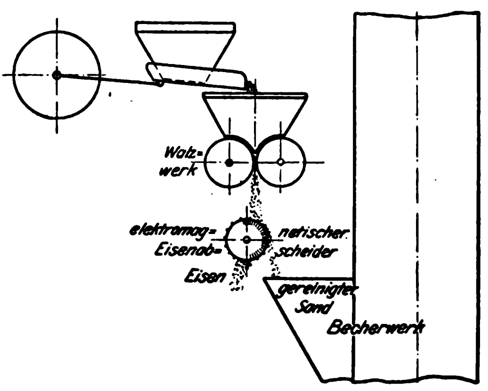


Abb. 142. Schema der Anordnung eines Eisenabscheiders.

Die Walzen von 200 mm Durchmesser eignen sich besser zum Entfernen feinster Eisenteile, z. B. von Feilspänen, während die Walzen von 300 mm Durchmesser für größere Eisenstücke wie Formstifte, Kernnägel, Spritzeisen u. ä. Teile vorzuziehen sind. Die Achse mit den Magneten ist verstellbar eingerichtet, so daß die Lage des Magnetfeldes nach Bedarf eingestellt werden kann. Außer der um die feststehende Magnetachse drehbaren Trommel enthalten die Walzen keine drehbaren Teile — auch keine drehbaren Kontaktteile —, was sehr vorteilhaft auf ihre Betriebssicherheit und Lebensdauer wirkt. Zum Betriebe sind Spannungen von 110 bis 500 Volt bei 4,20 bis herunter zu 0,34 Ampere Stromstärke erforderlich.



Abb. 143. Einzeln zu beziehende Magnetwalze.

---

[1]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

Elektromagnetwalzen[1]).

Messingmantel 1 mm stark, 200 mm Durchmesser, 30 Umdrehung/Minute.

Größen-Nr.	Walzenmaße		Kraftbedarf		Gewichte annähernd		Leistung stündlich bei 1 mm Schichtdicke cbm
	Mantellänge mm	Magnetfeldlänge mm	Antrieb PS	Erregung (abgerundet) Watt	netto kg	brutto kg	
0	135	60	$^1/_{10}$	90	26	55	0,06
1	235	120	$^1/_8$	120	35	65	0,13
2	335	200	$^1/_6$	170	55	90	0,22
3	435	300	$^1/_5$	210	70	115	0,34
4	535	400	$^1/_4$	270	85	135	0,45
5	635	500	$^1/_4$	320	100	165	0,57
6	735	600	$^1/_3$	370	120	195	0,68
7	835	700	$^1/_3$	410	140	230	0,80
8	935	800	$^1/_2$	450	155	250	0,91

Messingmantel 2 mm stark, 300 mm Durchmesser, 20 Umdrehungen/Minute.

Größen-Nr.	Walzenmaße		Kraftbedarf		Gewichte annähernd		Leistung stündlich bei 1 mm Schichtdicke cbm
	Mantellänge mm	Magnetfeldlänge mm	Antrieb PS	Erregung (abgerundet) Watt	netto kg	brutto kg	
1	360	200	$^1/_3$	250	130	170	0,28
2	510	350	$^1/_3$	360	175	215	0,49
3	660	500	$^1/_2$	450	225	275	0,70
4	810	650	$^1/_2$	560	270	320	0,91
5	960	800	$^3/_4$	680	320	390	1,12
6	1110	950	$^3/_4$	750	370	450	1,32
7	1260	1100	1	840	425	510	1,54
8	1410	1250	1	930	480	580	1,74

Eine treffliche, bisher aber noch selten ausgeführte Reinigung erfährt gebrauchter Formsand mittels Windsichtung, wodurch die totgebrannten staubförmigen Bestandteile entfernt werden, die keine Bindekraft und Bildsamkeit mehr besitzen und nur die Porosität und Gasdurchlässigkeit herabsetzen. Die Einrichtung eines Windsichters ist der Abb. 144 zu entnehmen[2]). *a* ist ein Ventilator, der sich zusammen mit dem Streuteller *b* um die gemeinsame Achse *c* dreht. Der gebrauchte Formsand tritt bei *d* ein, wird durch den Streuteller regenartig zerstreut und gegen den Blechring *e* geworfen. Der vom Ventilator erzeugte Wind steigt

[1]) Nach Mitteilung von Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

[2]) Windsichter werden von Gebr. Pfeiffer, „Barbarossawerke" in Kaiserslautern, und von Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz, ausgeführt.

in der Richtung der Pfeile nach oben, nimmt die zu Staub gebrannten leichten Teile mit und schleudert sie gegen die Wand des Gehäuses *f*, an der sie niedersinken, um durch den Auslauf *g* in eine Anfeuchtschnecke oder in strömendes Wasser zu gelangen. Das gröbere, vom Luftstrom nicht mitgeführte Korn fällt durch den Trichter *h* und den Auslauf *i* in die Kugelmühle oder eine andere Aufbereitungsmaschine. Durch entsprechende Einstellung der Stromgeschwindigkeit kann die Korngröße des Auswurfes beliebig bestimmt werden.

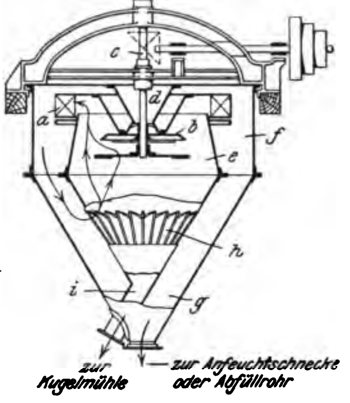


Abb. 144. Windsichter.

Mehrgliedrige Sandaufbereitungen.

Wenn zwei oder mehr Sandaufbereitungselemente selbsttätig ineinanderarbeiten, so bilden sie mehrgliedrige Sandaufbereitungen, die sich von den selbsttätigen Sandaufbereitungen dadurch unterscheiden, daß sie nur einzelne Aufbereitungsarbeiten verrichten, während die selbsttätigen Anlagen den Formsand mehr oder weniger vollkommen bearbeiten. Mehrgliedrige Aufbereitungen leisten kleineren Betrieben ausgezeichnete Dienste, ersparen Aufbereitungslöhne und liefern auf engem Raume in kurzer Zeit gut durchgearbeiteten Sand. Die Zusammenstellungen einzelner Aufbereitungselemente sind sehr mannigfaltig, entsprechend den Bedürfnissen besonderer Fälle. In der Hauptsache können Anlagen für Neusand, für Altsand und für gemischten Sand unterschieden werden.

Für die Aufbereitung von Neusand kommen fast nur Vereinigungen von Sandschleudern mit Schüttelsieben und von Kollergängen mit Siebwerken in Frage. Streng genommen bildet schon ein Kollergang mit mittlerem Kegelsieb eine Gruppenaufbereitung. Abb. 145[1]) zeigt eine Vorrichtung zur Aufbereitung von neuem grubenfeuchten Formsand mit Staubkohlenzusatz. Der in der Sandschleuder gemischte Sand gelangt selbsttätig von der untergebauten Schüttelrinne auf das Siebwerk, das die gröberen Teile ausscheidet. Die Siebe sind auswechselbar, so daß die Maschine abwechselnd zur Modellsandaufbereitung (6—8 Maschen auf den Zoll) und zur Aufbereitung von Masse und Kernsand (4—5 Maschen auf den Zoll) verwendet werden kann. Alle laufenden Teile sind durch staubdichte Kappen gegen Verschmutzung geschützt. Die Maschine wird in drei Größen für stündliche Leistungen

[1]) L. W. Bestenbostel & Sohn, G. m. b. H. in Bremen.

von 2—6 cbm ausgeführt und bedarf für 1 cbm/Stunde etwa $1^1/_4$ PS Betriebskraft. Bei der Anordnung nach Abb. 146[1]) braucht der Sand nicht mehr vor seiner Aufbereitung in Haufen gesetzt und durchgestochen zu werden, er wird vor dem Eintritt in die Sandschleuder in einer Vormischerrinne selbsttätig gemischt und angefeuchtet. Bei Verarbeitung von gemahlenem und vorgesiebtem Sande fällt das untergebaute Sieb weg. Der durch mechanische Vormischung gegenüber der



Abb. 145. Sandschleuder und Schüttelrinne.

Anlage Abb. 145 erforderlich werdende Mehraufwand an Kraft beträgt für 1 cbm/Stunde etwa $^1/_4$ PS.

Abb. 147[2]) läßt die Vereinigung eines Kollerganges, Becherwerkes und Trommelsiebes erkennen. Der getrocknete neue Formsand wird durch einen Trichter dem Trommelsiebe zugeführt, das oberhalb eines eisernen Sandbehälters eingebaut ist. Der Durchfall gelangt unmittelbar

[1]) L. W. Bestenbostel & Sohn, G. m. b. H. in Bremen.
[2]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

in den Sandbehälter, während der Siebrückstand durch eine geschlossene Rinne in den Kollergang gleitet, um nach ausreichender Zerkleinerung durch ein Becherwerk in das Trommelsieb zurückgebracht zu werden. Durch Einstellung eines Schiebers, dessen Handrad links unten am Sandbehälter zu erkennen ist, kann der Sand in beliebigen Mengen oder in ununterbrochenem Strome abgezogen werden.

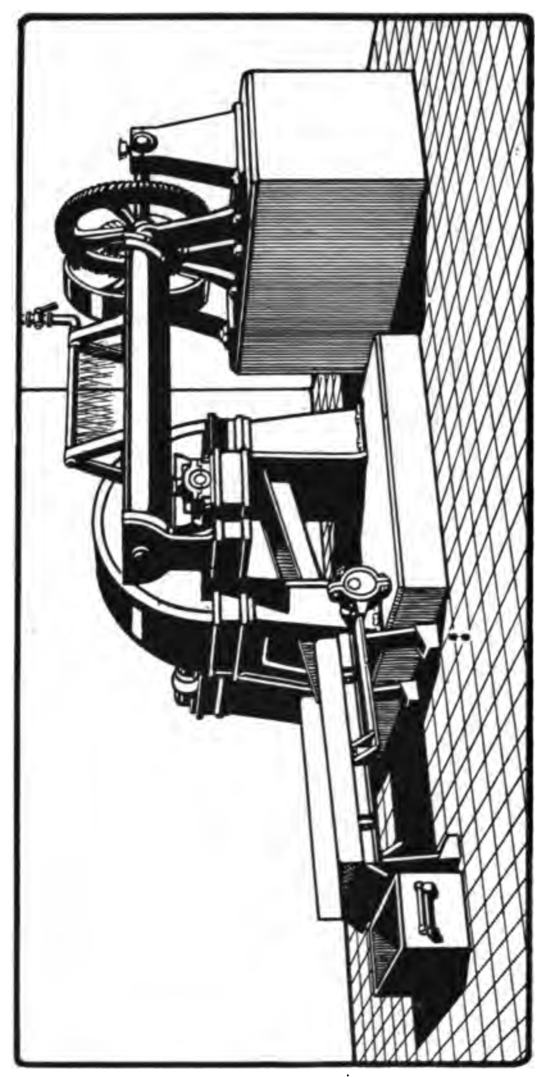


Abb. 146. Vormisch- und Anfeuchtrinne, Sandschleuder und Rüttelsieb.

Bei der Aufbereitung von **Altsand** (gebrauchter Formsand) handelt es sich meistens um die Zusammenstellung eines Walzwerkes mit einem oder mehreren anderen Aufbereitungselementen. Die Maschine Abb. 148[1]) ist aus einem Walzwerk mit Aufgabetrichter und einem Schüttelsiebe zusammengesetzt. Das Walzwerk ist nach den gleichen Grundsätzen ausgebildet wie das auf S. 120 Abb. 90 beschriebene. Kommen Steine, Eisenteile oder andere grobe Verunreinigungen zwischen die Walzen, so werden diese auseinander getrieben, und die Fremdkörper schieben sich durch, ohne zermalmt zu werden. Infolgedessen ist eine Schädigung des Sandes durch zerdrückte Steine ausgeschlossen, sie gelangen unzerbrochen auf das Sieb und werden mit dem anderen

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

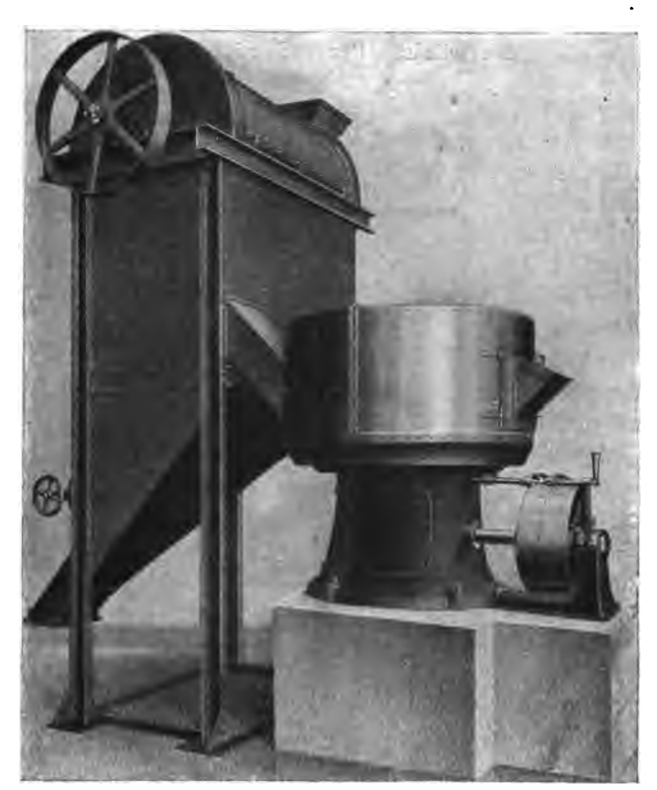


Abb. 147. Kollergang und Trommelsieb.

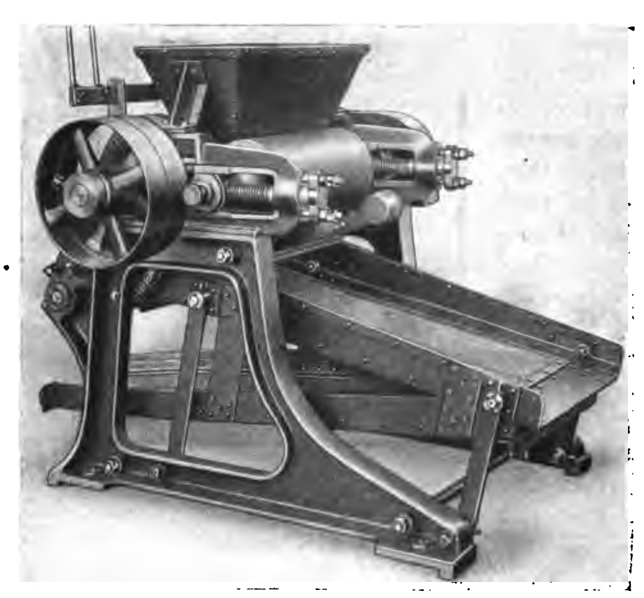


Abb. 148. Walzwerk und Schüttelsieb.



Abb. 149. Walzwerk und Eisenabscheider (Vorderansicht).



Abb. 150. Walzwerk und Eisenabscheider (Rückansicht).

Rückstande nach hinten abgeführt. Die Maschine wird in drei Größen ausgeführt und bedarf für 1, 3 und 8 cbm/Stunden-Leistung 1, 2 und 3 PS.

Gute Dienste leistet die Zusammenstellung eines Walzwerkes mit einem magnetischen Eisenabscheider. Die Maschine Abb. 149 und 150[1]) hat einen Aufgabsrost, der allzu grobe Bestandteile nicht zu den Walzen gelangen läßt, eine feste und eine federnde Walze und unter dem Walzenpaare einen Magnetapparat mit verstellbarem magnetischen Felde[2]). Der Formsand soll dem Walzwerk möglichst trocken aufgegeben werden, um die vollkommenste elektromagnetische Eisenausscheidung zu sichern.

Abb. 151. Walzwerk, Eisenabscheider und Rüttelsieb.

Die Maschine Abb. 151[3]) ist entstanden aus einer Vereinigung der den Maschinen Abb. 90, 140 u. 151 zugrunde liegenden Aufbereitungselementen. Auf der Abbildung ist die eine Stirnwand weggenommen, um die einzelnen Teile der Maschine deutlich kennbar zu machen. Die Maschine arbeitet ähnlich wie die in Abb. 69 dargestellte, nur gelangt der Formsand nach dem Durchgang zwischen den Walzen auf eine Elektromagnetwalze, die die Eisenteile ausscheidet und auf eine Rutsche befördert, während das gereinigte Gut auf das Schüttelsieb fällt. Für Leistungen von 2—8 cbm Formsand in der Stunde werden bei Verwendung eines Siebes von 10 mm Maschenweite 2 bis 3,5 PS benötigt.

Einen Schritt weiter ist man bei der Maschine nach Abb. 152[4]) ge-

[1]) Ardeltwerke, G. m. b. H. in Eberswalde bei Berlin.
[2]) S. S. 154 u. f.
[3]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[4]) Steinlein & Kunze, G. m. b. H. in Coblenz.

gangen durch Hinzufügung eines Becherhebewerkes, das den Formsand selbsttätig in den Fülltrichter befördert. Die Arbeitsweise der Maschine stimmt im übrigen mit der der Maschine Abb. 151 überein. Die Maschine wird in vier Größen ausgeführt und verarbeitet bei einem Kraftaufwande von 1, 2, 3 und 4 PS stündlich 1, 3, 8 und 12 cbm alten Formsand.

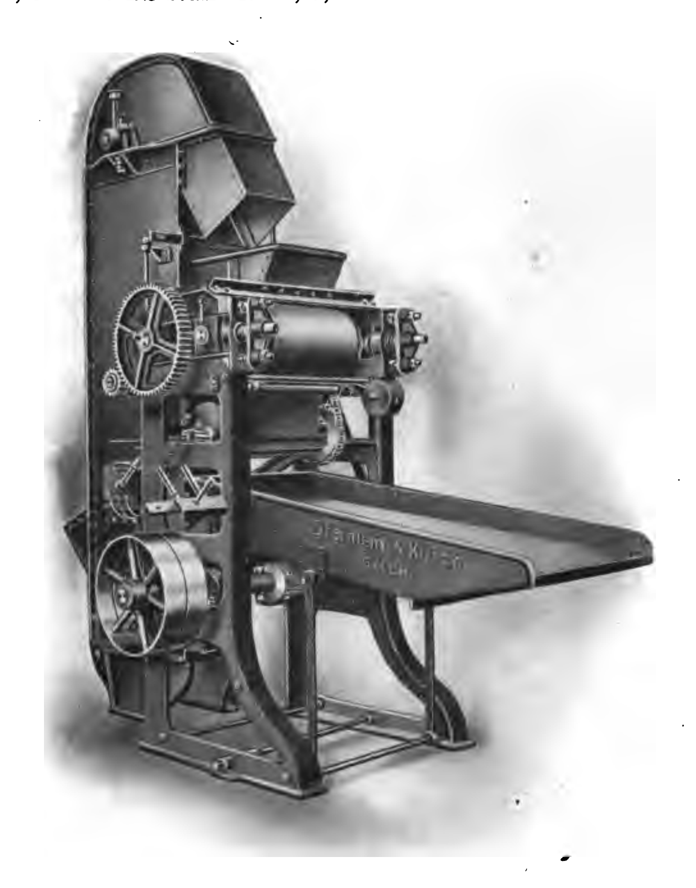


Abb. 152. Becherheber, Walzwerk, Eisenabscheider und Rüttelsieb.

Die Aufbereitungsmaschine Abb. 153 [1]) besteht aus einem im Bilde links oben erkennbaren Walzwerke, das die Sandknollen zerquetscht. Darunter befindet sich ein Magnetapparat, aus dem die Eisenteile in den im Vordergrunde sichtbaren Schlauch gelangen. Die untere Mündung des Schlauches liegt so hoch über dem Fußboden, daß ein kleiner

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

Kippwagen oder eine Handkarre darunter gefahren werden kann, um das angesammelte Eisen von Zeit zu Zeit abzuführen. Der vom Eisen befreite Formsand fällt aus dem Magnetapparat in ein Trommelsieb, das den Rückstand seitlich austrägt — die Austragrinne befindet sich an der dem Schlauch für die Eisenteile entgegengesetzten Seite der Maschine und ist darum im Bilde nicht zu sehen —, während der durchgesiebte Sand in einen Blechbehälter gelangt, der sich nach unten verjüngt. Mit Hilfe eines Schüttelbodens und eines einstellbaren Schiebers kann der Sand ausgetragen oder nach Bedarf einer anderen Maschine oder einer Fördervorrichtung zugeführt werden.



Abb. 153. Walzwerk, Magnetapparat, Trommelsieb und einstellbarer Abgebeschuh.

Abb. 154 [1]) zeigt eine Anlage, bei der eine Kugelmühle, eine Mischrinne und eine Sandschleuder zur Aufbereitung von Alt- und Neusand ineinander arbeiten. Der neue Sand wird mit altem Sand und gemahlener oder ungemahlener Steinkohle in den Aufnahmetrichter der Kugelmühle geschaufelt. In der Kugelmühle wird er gemahlen und vorgemischt und fällt dann durch ein Sieb in den mit einer Förderschnecke versehenen offenen Mischtrog. Ein Brauserohr, das sich über den größten Teil der Länge des Mischtroges erstreckt, feuchtet den Sand an, ehe er am Ende des Troges in die Sandschleuder gelangt.

Eine andere Zusammenstellung zur Aufbereitung von altem und neuem Formsand zeigt Abb. 155 [2]). Sie ist für gute Sandverhältnisse, die eine nennenswerte Zerkleinerung und Reinigung der Rohstoffe erübrigen,

[1]) Berger & Co., Maschinenfabrik und Eisengießerei in Berg.-Gladbach.
[2]) W. Bestenbostel & Sohn, G. m. b. H. in Bremen.

gebaut. Der alte und neue Sand sowie etwaige Zusatzstoffe werden in einem mit Anfeuchter versehenen Vormischer gemengt, um dann in eine Sandschleuder mit wagerechter Drehachse zu gelangen und hernach auf einem Rüttelsieb fertig ausgesiebt zu werden.

Die für nicht allzu feuchten Alt- und Neusand bestimmte Anlage nach Abb. 156[1]) beruht auf dem Grundsatze der Windsichtung (S. 160). Der etwas vorgemischte Formsand gelangt durch den Sammeltrichter *a* über das Becherwerk *b* und den Magnetausscheider *c* auf eine Rutsche mit einem Siebrost *d*. Das durchgesiebte Gut gleitet in den Windsichter *e*

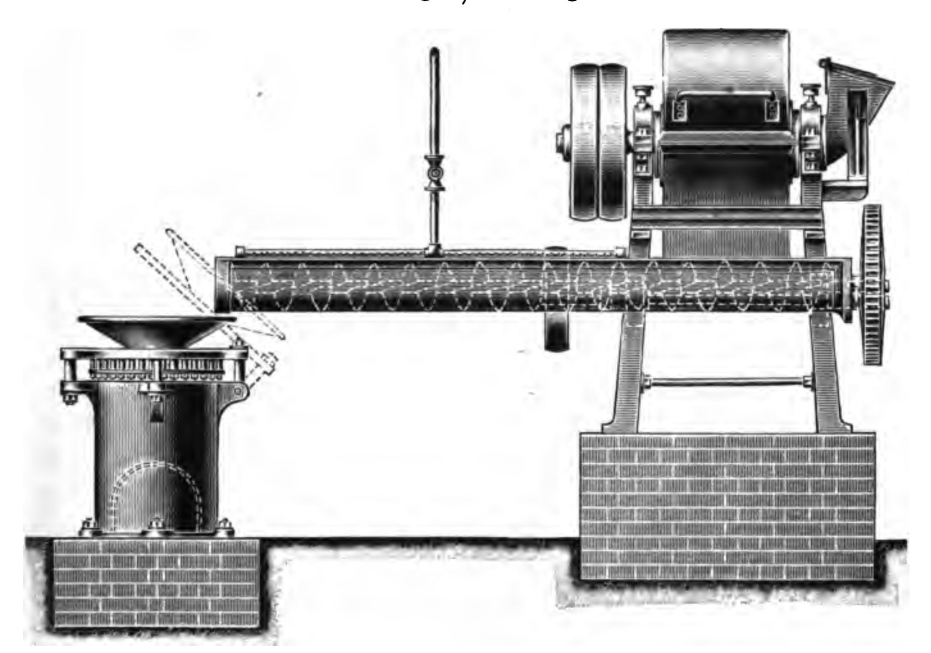


Abb. 154. Kugelmühle, Mischrinne und Sandschleuder.

(siehe S. 161), während der Rückstand in die Kugelmühle *f* gelangt, die ihn zerkleinert. Im Windsichter erfolgt eine weitere Trennung von grob- und feinkörnigem Gute, der grobkörnige Teil geht zur Kugelmühle *f*, der feinkörnige durch die geschlossene Rinne *k* in den mit einer Schnecke und Brause ausgerüsteten Mischtrog *g*. Das aus dem Windsichter senkrecht nach unten führende Rohr befördert das Feingut beim Mahlen von Kohlenstaub, Koks oder Schamotte in unten angebundene Säcke.

Bei dieser Anlage ist die sieblose, aus einer beiderseitig geschlossenen Trommel mit durchgehender Stahlachse bestehende Kugelmühle be-

[1]) Gebr. Pfeiffer in Kaiserslautern.

merkenswert. Die Seitenschilder sind innen mit Stahlpanzerplatten gegen die Wirkung der Kugeln geschützt. Die stählernen Mahlbacken *h* sind zu einem starren, selbsttragenden Ring verschraubt und an den Seitenschildern der Trommel befestigt. Sie greifen etwas übereinander und bilden so Schlitze, durch die das Mahlgut nach Erreichung entsprechender Feinheit fällt. Die Größe der Schlitze ist von außen innerhalb bestimmter Grenzwerte einstellbar, wodurch die Mühle für Mahlgut verschiedener Art,

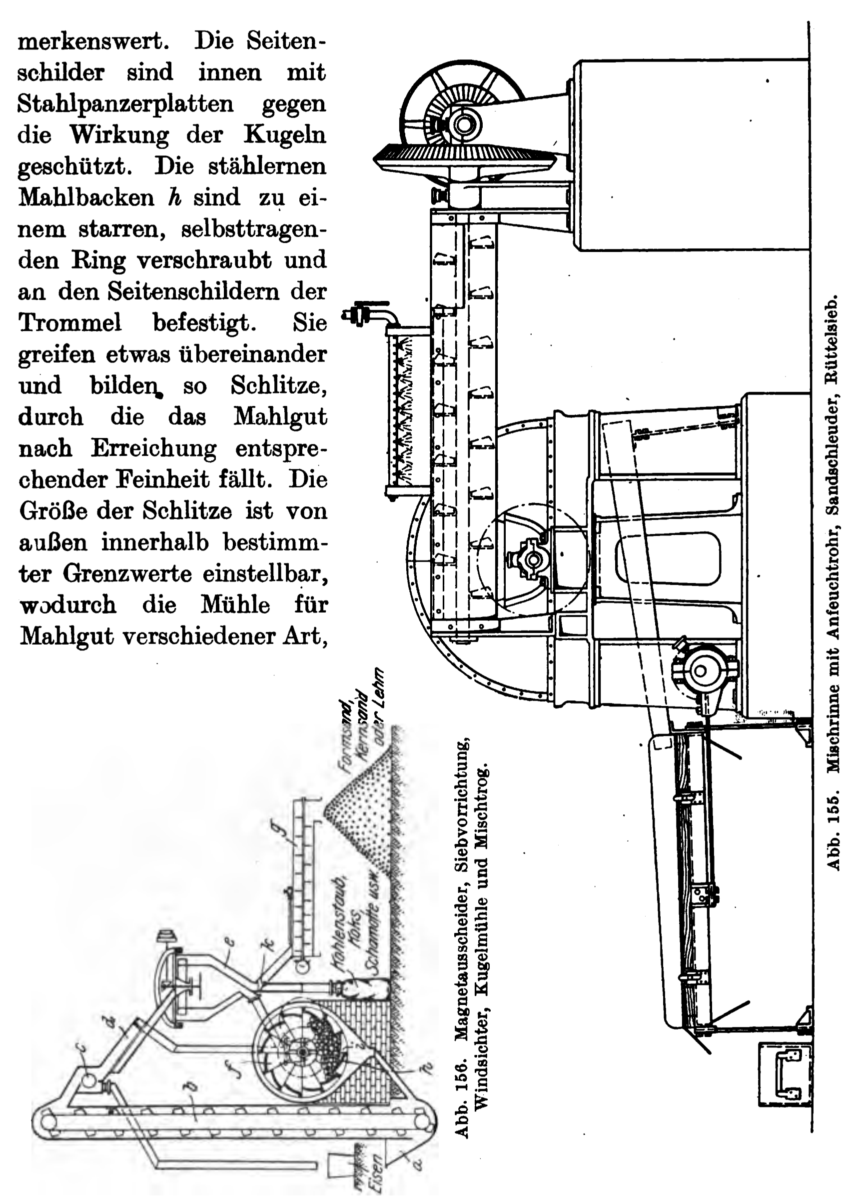


Abb. 155. Mischrinne mit Anfeuchtrohr, Sandschleuder, Rüttelsieb.

Abb. 156. Magnetausscheider, Siebvorrichtung, Windsichter, Kugelmühle und Mischtrog.

wie Lehm, Kern- und Formsand, Steinkohle, Schamottestaub, Koksstaub- und Grieß u. a. Stoffe mehr verwendbar wird.

Die Aufbereitungsmaschine mit selbsttätigem Sandzuteiler (Abb. 157)[1]) bearbeitet den alten und neuen Formsand zunächst getrennt und ist

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

darum schon fast den selbsttätigen Aufbereitungsanlagen, deren Bestandteil sie oft bildet, zuzuzählen. Der eine mit einem Walzwerk und einem Trommelsiebe ausgestattete Behälter dient zur Aufbereitung des alten Formsandes. Der andere der Bearbeitung des neuen Formsandes gewidmete Behälter enthält in seinem oberen Teile nur ein Trommelsieb.



Abb. 157. Walzwerk und Trommelsieb für alten Sand, für neuen Sand, gemeinsamer Drehtisch und Mahlrinne.

Beide Behälter sind unten offen und münden auf einen gemeinsamen runden Tisch. An ihrer Rückseite ist je ein lotrecht verstellbarer Schieber angeordnet, der die Höhe der auf den umlaufenden Tisch ausfließenden Sandschicht und damit die Sandmenge regelt. Der Drehtisch ist in der Mitte zu einem Trichter ausgebildet, in den der Sand durch feststehende Abstreifer geschoben wird, um dann in den unterhalb des Tisches mündenden Vormischer zu fallen.

Die Beförderung des Sandes.

Die vorteilhafte Anfuhr des rohen Sandes, die Beförderung des gebrauchten Sandes zur Sandaufbereitung, der Rohstoffe und des teilweise aufbereiteten Formsandes innerhalb der Sandaufbereitung, und die Verteilung des fertigen Sandes sind von größter Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit einer Sandaufbereitung und den gesamten Gießereibetrieb. In vielen Fällen wird der Verkehr zwischen Gießerei und Sandaufbereitung mit Muldenkippern von $^1/_3$ bis 1 cbm Fassungsvermögen bewirkt, die auf Schmalspurgleisen oder mit Hängebahnen fortbewegt werden. Je nach den örtlichen Verhältnissen verwendet man Seiten-, Vorder- oder Rundkipper. Schmalspurgleise haben meist 0,5 bis 0,6 m Spurweite. Hängebahnen werden gewöhnlich einschienig angelegt und gleich den Schmalspurbahnen von Hand oder durch einen Elektromotor betrieben. Hängebahnen haben den großen Vorteil, die Grundfläche der Gießerei unberührt und für andere Zwecke freizulassen.

Oft wird auch der Formsand in größeren Behältern durch irgendeine Kraneinrichtung von und zur Sandaufbereitung befördert und von Hand verteilt, mitunter ergänzt ein Kran die Arbeit einer Schmalspurbahn.

In jüngster Zeit beginnen sich in stetig steigendem Maße vollkommen mechanische Förderungen einzubürgern, insbesondere werden größere Sondergußwerke, Formmaschinenbetriebe, Röhrengießereien und Gießereien für Massenkleinguß mit solchen Anlagen ausgestattet. Die Beförderung des alten Sandes erfolgt am häufigsten mit Schüttelrinnen, die in den Boden der Gießerei verlegt und an den Empfangsstellen mit Rosten zur Zurückhaltung grober Fremdkörper abgedeckt werden. Der Fortbewegung des Sandes innerhalb der Sandaufbereitung dienen neben den Schüttelrinnen Gurtförderer, Förderschnecken, Becherwerke, Schaufel- (Schiebe-) förderer und Kratzerförderer. Besondere Sorgfalt muß der Beförderung des neuen Modellsandes gewidmet werden. Zwangsläufiges Weiterschieben in einem engen Strange (Förderschnecken) beeinflußts eine Porosität und Luftigkeit ungünstig, die Ausbreitung in verhältnismäßig dünnen Schichten (Gurtförderer) läßt die Oberflächenschicht austrocknen, und ständiges Rütteln (Schüttelrinnen) führt zu einer Verdichtung und Entmischung. Die spezifisch leichteren Bestandteile, insbesondere der Kohlenstaub, arbeiten sich unter Bildung kleiner Kügelchen nach oben, während die schwereren Teile sich unten sammeln. Man hat darum mitunter selbst bei sehr vollkommenen Sandaufbereitungen auf die mechanische Verteilung des fertigen Modellsandes ganz verzichtet [1]), damit aber wohl etwas über das Ziel hinausgeschossen.

[1]) Stahl und Eisen 1910, S. 1911.

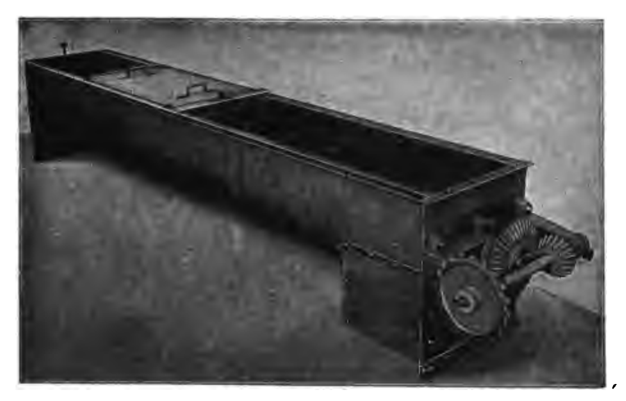


Abb. 158. Förderschnecke mit Kettenantrieb und Kegelradvorgelege.

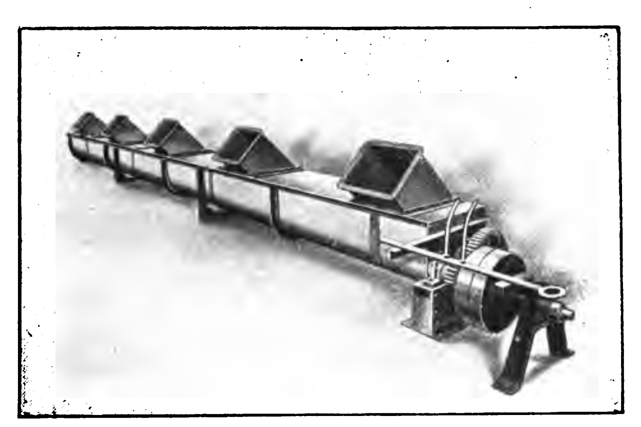


Abb. 159. Förderschnecke mit Riemenscheibenantrieb.



Abb. 160. Förderschnecke mit Kettenantrieb und Stirnradvorgelege.

Kratzerförderer vermeiden die genannten Übelstände fast vollständig, und selbst mit Gurtförderern werden in vielen Fällen durchaus befriedigende Ergebnisse erzielt.

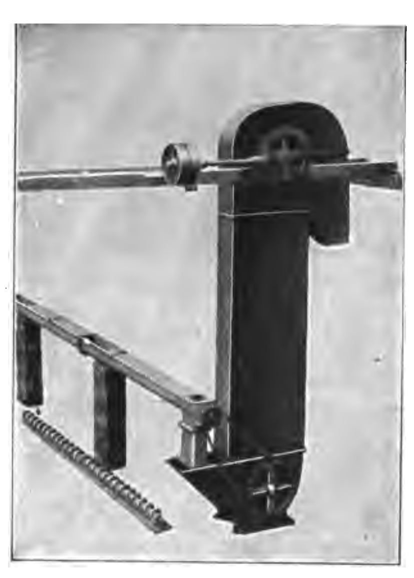


Abb. 161. Becherwerk mit gußeisernem Schöpftrog und Blechgehäuse.



Abb. 162. Becherwerk mit Doppelstrang für rechts- und linksseitige Austragung.



Abb. 163. Antriebsvorrichtung eines Becherwerkes.

Nur wenig Stoffe bewirken eine gleich große Abnutzung der Fördergefäße und ihrer Mechanismen wie Formsand, darum müssen an die Art und Beschaffenheit der Fördermittel sehr hohe Ansprüche gestellt werden.

Abb. 158[1]) zeigt eine Förderschnecke mit Kettenantrieb und Kegelradvorgelege, Abb. 159[1]) eine solche mit Riemenscheibenantrieb und Stirnradvorgelege, und Abb. 160[1]) eine Ausführung mit Kettenradantrieb. Förderschnekken mischen und fördern den Formsand und lassen sich darum auch als Vormischer verwenden. Ein- und Ausläufe (Abb. 159 und 160) können leicht angebracht und nach Bedarf mit Vorrichtungen zum Einstellen bestimmter Durchgangsmengen ausgerüstet werden (Abb. 160). Die Rinnen und Schnekken werden meist aus Schmiedeeisen, die Achsen aus Stahl angefertigt, ausnahmsweise werden aber auch gegossene Tröge und Schnecken mit auswechselbaren Flügeln aus Grau- oder Stahlguß verwendet. Für staubförmigen Sand, der nur in völlig geschlossenen Vorrichtungen befördert werden sollte, kommen Schnecken mit geschlossenen Gängen oder Spiralen mit Flacheisengängen in Betracht; die letzteren haben den Vorteil, die Liefermengen gleichmäßig zu regeln, und eignen sich insbesondere als Beschicker für Maschinen von bestimmter Leistung.



Abb. 164. Ablenkstelle eines Becherwerkes.

Die ausgedehnteste Verwendung zur Beförderung von Formsand haben **Becherwerke** (Elevatoren) gefunden, die die Weiterbewegung des Sandes sowohl in wagerechter, wie schräger oder lotrechter Richtung

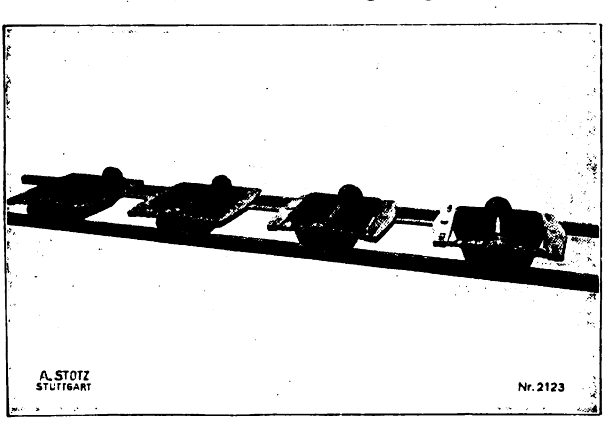


Abb. 165. Pendelnd aufgehängte Becher eines Kurvenförderers.

[1]) A. Stotz in Stuttgart.

ermöglichen. Sie werden mit zerlegbaren Treib- oder Stahlbolzenketten ausgerüstet, deren Glieder in den Gelenken mit großen Druck-(Reibungs-)flächen versehen sind, wodurch ihr Verschleiß auf ein Mindestmaß herabgebracht wurde. Die Becher werden zur Formsandbeförderung am besten aus Stahl- oder Temperguß angefertigt. Abb. 161[1]) zeigt ein Becherwerk mit gußeisernem Schöpftrog und Blechgehäuse in Verbindung mit einer Förderschnecke, durch die es beschickt wird. Das Becherwerk Abb. 162[1]) mit Doppelstrang, gegossenem Schöpftrog und Blechgehäuse ist für rechts- und linksseitige Ausschüttung eingerichtet.

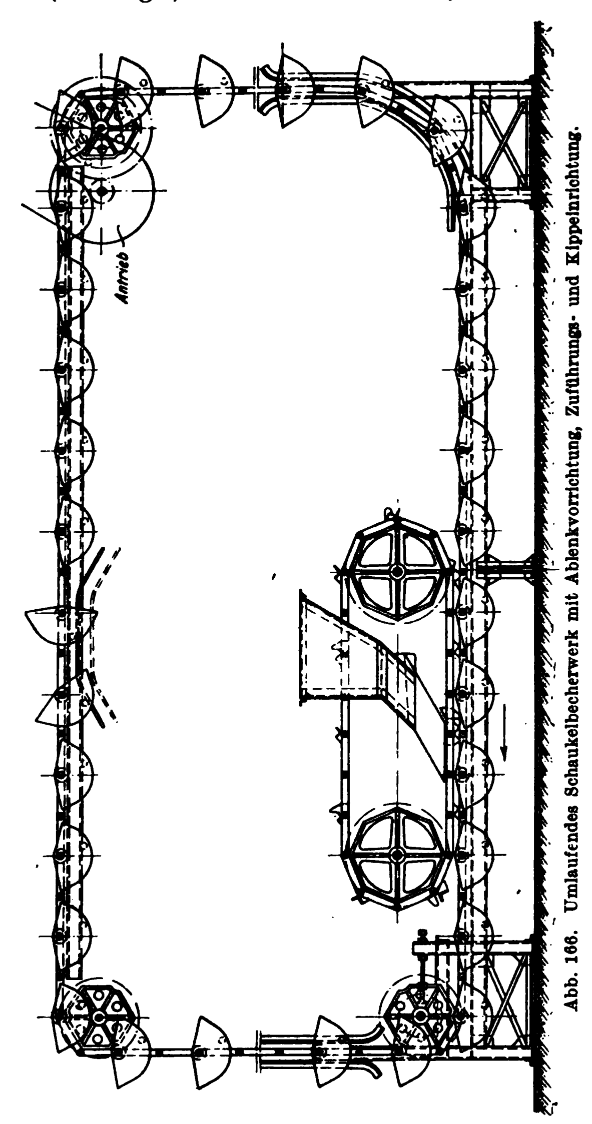


Abb. 166. Umlaufendes Schaukelbecherwerk mit Ablenkvorrichtung, Zuführungs- und Kippeinrichtung.

Senkrecht fördernde Becherwerke erfordern bei einer Hubhöhe von 10 m ungefähr folgende Betriebskraft stündlich:

3 cbm . . etwa 0,5 PS
3—9 cbm 0,5—2,0 „
8—25 „ 2,0—5,0 „

Die Becher werden stets so angeordnet, daß sie sich in jeder Weglage selbsttätig wagerecht einstellen. Es ist darum leicht, sie aus wagerechter Richtung schräg oder senkrecht weiterlaufen zu lassen, man muß nur durch richtig gelagerte Kettenräder den entstehenden Druck der Triebkette ausgleichen. Abb. 163 zeigt eine Antriebseinrichtung, Abb. 164[1]) die Ablenkstelle eines umlaufenden

[1]) A. Stotz in Stuttgart.

Becherwerkes. Für seitliche Abweichungen eignet sich eine als Kurvenförderer oder Kurvenkonveyor bezeichnete Ausführungsart (Abb. 165[1]), bei der die Becher pendelnd aufgehängt sind. Kurvenförderer arbeiten überaus sicher und geräuschlos, die Abnutzung der

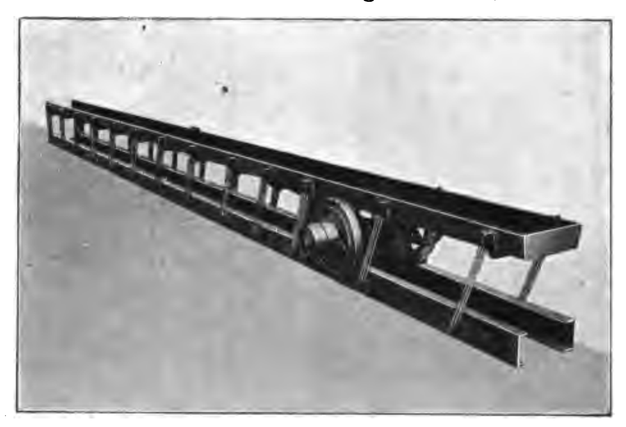


Abb. 167. Schleppkurbelmechanismus.

beweglichen Teile, wie Ketten, Räder, Becher, ist sehr gering und sie beanspruchen, da nur rollende Reibung zu überwinden ist, verhältnismäßig wenig Betriebskraft. Abb. 166[2]) zeigt die Anlage eines umlaufenden Schaukelbecherwerkes (Konveyor) mit Zuführungs- und



Abb. 168. Schleppkurbelmechanismus mit Antrieb.

Kippeinrichtung, sowie verschiedenen Ablenkvorrichtungen aus der wagerechten zur lotrechten und aus der lotrechten zur wagerechten Richtung.

Förder- oder Schüttelrinnen eignen sich zur Beförderung von gebrauchtem Formsand oder von Rohsand, nicht aber für geschleu-

[1]) A. Stotz in Stuttgart.
[2]) Nach E. Müller, Z. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1152.

derten fertigen Formsand. Sie bringen das Fördergut in der Weise vorwärts, daß die Rinne durch einen Schleppkurbelmechanismus (Abb. 167 [1]) und 168) [2]) in gleichförmig beschleunigte Bewegung gesetzt und im Augenblicke der größten Geschwindigkeit stoßfrei zurückgezogen wird. Das

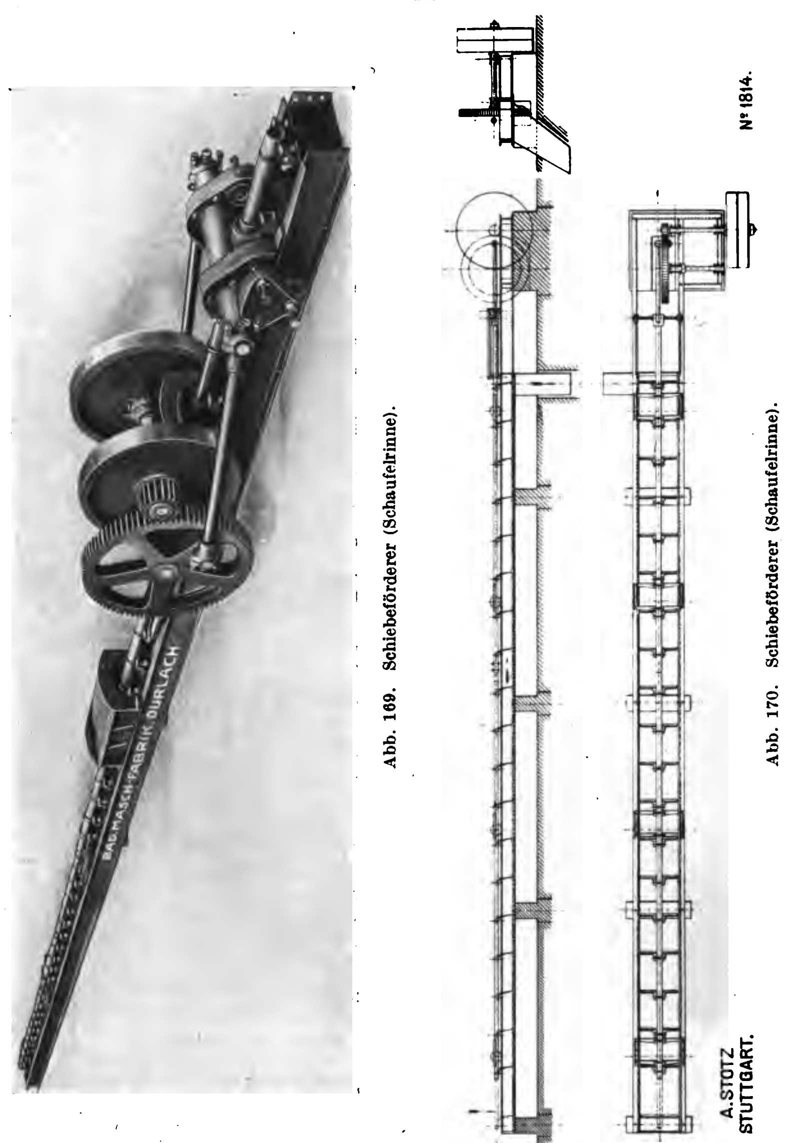


Abb. 169. Schiebeförderer (Schaufelrinne).

Abb. 170. Schiebeförderer (Schaufelrinne).

[1]) A. Stotz in Stuttgart.
[2]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

Fördergut behält, dem Trägheitsgesetze folgend, noch kurze Zeit seine Vorwärtsbewegung bei und wird so in gleichmäßigem Strome vorwärts geschüttet. Für wechselnde Beanspruchung kann der Hub verstellbar eingerichtet werden. Die Rinne kann entweder auf federnden Flacheisen nach Abb. 167 oder auf Rollen nach Abb. 168 gelagert werden; in beiden Fällen ist ihr Kraftbedarf äußerst gering. Schüttelrinnen erfordern für 10 m Förderlänge ungefähr folgenden Kraftbedarf[1]:

für	4	8	16	25 cbm/St.
	0,6	0,7	0,9	1 PS.

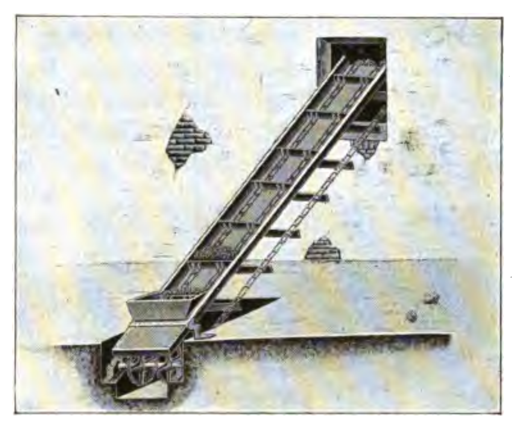


Abb. 171. Kratzerförderer.

Infolge ihrer geringen Umlaufszahl (90 Umdrehungen in der Minute) benötigen sie keine teueren Fundamente; sie können ebensogut am Boden aufgestellt, wie auf Wandarmen oder mittels Hängeeisen an der Decke befestigt werden. Ihre Abnutzung ist gering, mit Ausnahme des Bodenbleches ist kein Teil einer nennenswerten Beanspruchung durch den Sand unterworfen.

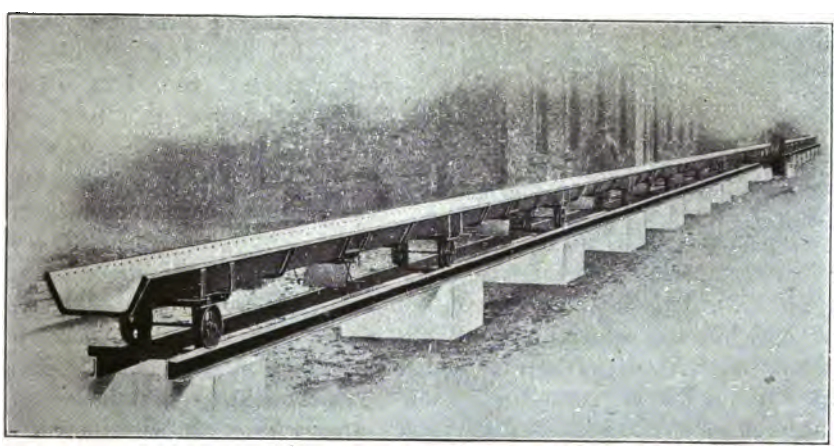


Abb. 172. Markusförderrinne.

Ungefähr denselben Zwecken wie Förderrinnen dienen die Schiebeförderer oder Schaufelrinnen (Abb. 169[2]) und 170)[3]). Sie bestehen

[1]) Nach Mitteilung der Badischen Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[2]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.
[3]) A. Stotz in Stuttgart.

aus einer schmiedeeisernen Rinne, über der sich ein aus Stahlrohr bestehendes Gestänge hin und her bewegt. Am Gestänge sind in kurzen Abständen Schieber (Schaufeln) so angebracht, daß sie bei der Vorwärtsbewegung das Fördergut vor sich herschieben, beim Rückgange aber umklappen und über dem Fördergute zurückgleiten. Das Gestänge erhält in entsprechender Entfernung Rollenführungen. Da der Formsand durch die Schaufeln nur wenig gedrückt wird, können solche Rinnen auch zur Förderung von geschleudertem Formsand benutzt werden. Die Anzahl der Schmierstellen ist klein, Teile die regelmäßiger Wartung bedürfen, befinden sich nur an der Antriebsstelle. Der Kraftbedarf ist ungefähr doppelt so groß wie bei den Schüttelrinnen.

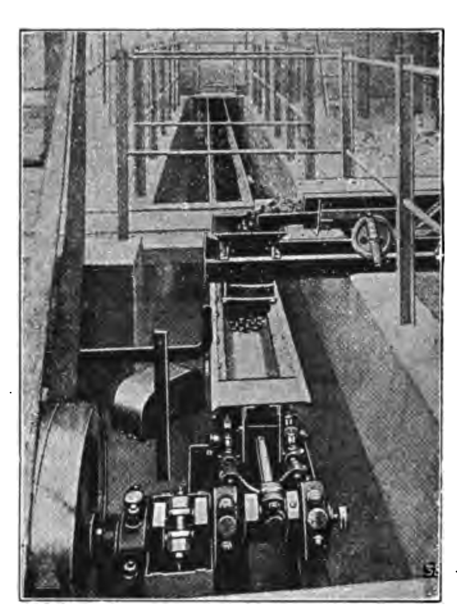


Abb. 173. Markusrinne mit hinterem Antrieb.

Vollständig unbeeinflußt bleibt das Fördergut bei Kratzerförderern (Abb. 171)[1], die wagrecht und schräg angeordnet werden können. Sie werden durch eine Kette ohne Ende angetrieben und sind ihrer ganzen Wesensart nach ein Mittelding zwischen Becherwerken und Schaufelförderern. Sie werden bei kleinen Ausführungen mit einfacher Kette, bei größeren mit einem Doppelstrange betrieben. Die Kratzer (Schieber) erhalten entweder auswechselbare Schleifbakken oder Laufrollen, die sich auf Führungsschienen fortbewegen.

In jüngster Zeit hat auch die Markus-Förderrinne in Sandaufbereitungsbetrieben Eingang gefunden. Sie besteht aus einem Troge (Abb. 172), der, in Entfernungen von 3 bis 5 m auf Rollen gelagert, mit gleichförmig beschleunigter Bewegung auf dem Hinwege und rasch einsetzender Verzögerung auf dem Rückwege sich bewegt. Die Bewegung des Fördergutes erfolgt demnach in ähnlicher Weise, wie wenn es durch eine Wurfschaufel weiter geworfen würde. Diese Rinne bedeutet in verschiedener Beziehung einen Fortschritt. Sie ergibt bei niedrigen Umlaufzahlen (50 bis 80 in der Minute) große Leistungen, geschlossene Förderung, keine Staubentwicklung und geringe Erschütterungen und Stöße, da der Beschleunigungsdruck sehr mäßig ist. Die Arbeit vollzieht sich geräuschlos unter großer Schonung des Gutes, das

[1]) A. Stotz in Stuttgart.

während der Förderung praktisch keinerlei Zermürbung oder Zerkleinerung erfährt. Solche Rinnen bedingen einen verhältnismäßig geringen Kraftaufwand, da Lager gänzlich vermieden sind, und die Rollen gegen

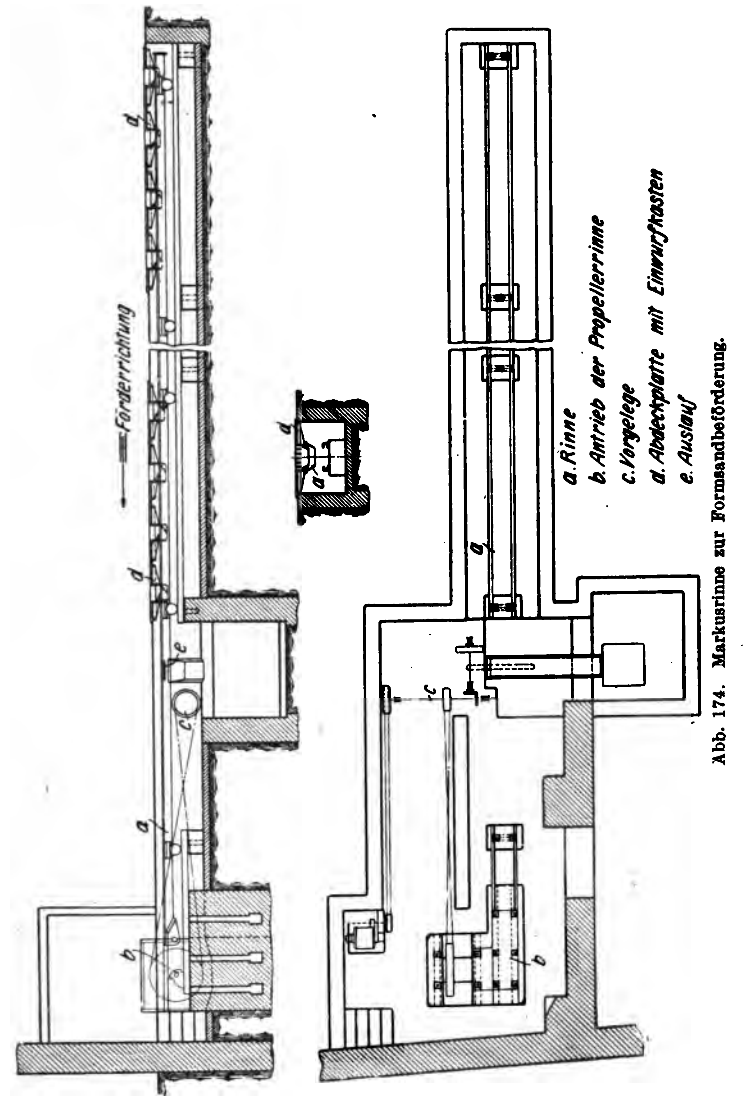


Abb. 174. Markusrinne zur Formsandbeförderung.

Verschiebung nur durch sich abwickelnde Bänder gesichert erscheinen. Infolgedessen ist auch der Schmierbedarf sehr gering. Abb. 173 läßt eine Rinne mit hinterem Antrieb, Abb. 174 [1]) eine Anordnung zur Formsandbeförderung erkennen.

[1]) Gieß.-Zeitg., 1917, Nr. 19, S. 295.

Selbsttätige Formsandaufbereitungen.

Allgemeines.

Die ersten selbsttätigen Formsandaufbereitungen dürften Ende der neunziger Jahre in Deutschland gebaut worden sein. Sie bestehen aus Gruppen von Arbeitsmaschinen, die so ineinander arbeiten, daß ihnen nur der neue und der alte Sand nebst etwaigen Zusatzstoffen aufgegeben und der fertige Formsand abgenommen zu werden braucht, daß aber alle zwischen der Aufgabe und Abnahme auszuführende Aufbereitungsarbeit, insbesondere auch die Beförderung der Stoffe von einer Maschine zur anderen vollständig selbsttätig ausgeführt wird. In vielen Fällen wird auch die Aufgabe und Abnahme mechanisch und selbsttätig bewirkt. Jeder selbsttätigen Aufbereitung fallen demnach drei Hauptaufgaben zu: Das Trocknen, Mahlen und Sieben des neuen Sandes (in besonders günstigen Fällen erübrigt sich das Trocknen), das Zerkleinern, Reinigen und Sieben des alten Formsandes und das Mischen beider Rohstoffe einschließlich Zugabe von Kohlenstaub und etwaiger anderer Zusatzstoffe, das Befeuchten und die Auflockerung des Gemisches in Schleudermaschinen.

Selbsttätige Anlagen sollen und können den gleichmäßigsten und vollkommenst durchgearbeiteten Formsand liefern, sie können die Aufbereitungsarbeit am billigsten ausführen, Kraft sparen, sich mit dem geringsten Raum bescheiden und auf die Raum-, Zeit- und Krafteinheit wesentlich mehr leisten, als auf anderem Wege erreichbar ist. Diese Erfolge wurden von den ersten Anlagen nicht immer erreicht, und man trifft nicht selten Gießereien, deren selbsttätige Aufbereitungsanlagen stillstehen, weil sie von Anfang an nicht richtig arbeiteten, unverhältnismäßig viel Kraft erforderten oder zu steten kostspieligen Ausbesserungen Anlaß gaben. In anderen Fällen sind die Anlagen nur zum Teil im Betriebe, zum Teil wird die Zwischenarbeit von Hand geleistet. Solche Erfahrungen haben der allgemeinen Verbreitung selbsttätiger Aufbereitungen natürlich geschadet, um so mehr, als mitunter Betriebe damit ausgerüstet wurden, deren Umfang zu unbedeutend war, um jemals so kostbillige Anlagen wirtschaftlich zu machen. Ausschlaggebend für die Einrichtung einer selbsttätigen Anlage sind vor allem zwei Erwägungen: Erfordert der zur Verfügung stehende Sand eine mechanische Aufbereitung? Lassen die Betriebsverhältnisse und der Betriebsumfang des Werkes genügende Lohnersparnisse erwarten, um die Verzinsung, Abschreibung und den Betrieb einer solchen Anlage wirtschaftlich lohnend zu gestalten? Führen diese Erwägungen zum Entschlusse, eine selbsttätige Anlage anzuschaffen, so braucht man sich heute über ihren Erfolg nicht mehr im Zweifel zu sein; es hat sich eine ganze Reihe von Aus-

führungsformen durchgesetzt, die einwandfrei arbeiten und die oben angeführten Vorteile tatsächlich erreichen. Freilich, auch heute ist noch nicht alles, was gemacht und warm empfohlen wird, auch gut und Vorsicht bei der Auswahl und Anordnung einer Anlage noch immer sehr am Platze.

In Anbetracht der verschiedenen, jeweils verfügbaren Formsande und der mannigfaltigen Betriebsansprüche kann von einer allen Fällen entsprechenden Aufbereitungsanlage keine Rede sein, fast jeder Fall bedarf besonderer Anordnungen und Ausführungen. Im allgemeinen wird man meist folgende Punkte im Auge haben müssen:

Weitgehendste Beseitigung jeder Handarbeit.

Möglichste Einfachheit der einzelnen Aufbereitungselemente und Fördereinrichtungen. Einfachere Maschinen verbrauchen gewöhnlich weniger Kraft, sind billiger in der Anschaffung und erfordern weniger Wartung und Ausbesserungen.

Gute Zugänglichkeit und leichte Wartung (Schmierung) jeder einzelnen Maschine. Wenn irgend-angängig, sollten etwaige Ersatzteile im eigenen Betriebe beschafft und ausgewechselt werden können.

Geringe Bodenfläche und gute Anschlüsse zu den Rohstofflagern wie zu den Verarbeitungsstellen.

Möglichst kurze Wege für die Rohstoffe und Zwischenerzeugnisse von einer Maschine zur anderen.

Die Möglichkeit, eine erprobte Sandmischung jederzeit wieder genau, rasch und zuverlässig herstellen zu können.

Möglichste Übersichtlichkeit der Anlage, die am besten durch eine scharfe Trennung der Aufbereitung von Neusand, Altsand und Mischsand zu erreichen ist.

Volle, störungsfreie Betriebssicherheit, die sowohl von der Güte der einzelnen Aufbereitungs- und Förderelemente, wie von der gleichmäßigen Zufuhr der Grundstoffe und von der Betriebszeit abhängt. Durch Einschalten ausreichend großer Sammelbehälter für Neu-, Alt- und Misch- oder fertigen Sand wird der Betrieb von vielen Zufälligkeiten unabhängig gemacht und ermöglicht, die täglich erforderliche Sandmenge in einigen Stunden statt im Verlaufe der ganzen Schicht zu bewältigen. Es ist im allgemeinen wirtschaftlicher, Maschinen und Fördermittel kurze Zeit voll zu beanspruchen, als sie längere Zeit nur mit halber, viertel oder noch geringerer Beanspruchung laufen zu lassen. Bei Sandaufbereitungen kommt noch dazu, daß bei kürzerer Betriebszeit die Abnutzung durch den schmirgelnden Sandstaub herabgemindert wird.

In Gießereien mit verschiedenartigen Betrieben wird man oft auch Wert darauf legen müssen, mit den wichtigsten Elementen einer Anlage nacheinander Formsand für verschiedene Gußarten, z. B. Grauguß, Stahl-, Temper- und Metallguß herstellen zu können. Mitunter sind

auch die Bedingungen zu berücksichtigen, die durch die Aufgabe erwachsen, neben der Erzeugung von gutem Modellsande den gewöhnlichen Füll- oder Haufensand regelmäßig mit der vorhandenen Anlage aufzufrischen.

Selbsttätige Sandaufbereitungen erfordern wesentlich geringere Bodenflächen als solche mit teilweisem Handbetrieb, doch hängt auch bei den ersteren die benötigte Bodenfläche von der Art des Betriebes ab. Klein- und Feingießereien, besonders Formmaschinenbetriebe, brauchen verhältnismäßig mehr Formsand als Gießereien für mittleren und schweren Guß. Im allgemeinen liegt bei unseren großen Betrieben das Verhältnis der Bodenfläche der Aufbereitung zum gesamten Gießereiboden nicht weit auseinander. E. Munck[1]) hat folgende Verhältniszahlen zwischen Sandaufbereitungsfläche und gesamter Formfläche bei einer Reihe hervorragender Gaswerke ermittelt.

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., Nürnberg	6 %	der Formfläche
Ludw. Löwe & Co., Berlin	6 %	„ „
Louis Soest & Co.	5 %	„ „
Skodawerke, A.-G., Pilsen	4 %	„ „
R. Ph. Wagner, Biro & Kurz, Wien	5 %	„ „
Radiatorengießerei Gebr. Sulzer, Winterthur	7,5%	„ „
Fitzner & Gamper, Dombrowo	8 %	„ „
Junker & Ruh, Karlsruhe	6 %	„ „

Für Schwergießereien und mittlere Gießereien können demnach 5 bis 6%, für Feingießereien und Formmaschinenbetriebe 7 bis 8% der Formfläche als ausreichend für die Sandaufbereitung angenommen werden.

In Deutschland, das im Bau von Formsandaufbereitungen den übrigen Kulturvölkern weit voraus ist, beschäftigen sich 10 bis 12 Firmen mit ihrer Ausführung. Es haben sich allmählich verschiedene Anordnungen entwickelt, die trotz vielfacher Verwandtschaft bis zu einem gewissen Grade für die Bauart der einzelnen Firmen kennzeichnend sind. Es ist nicht angängig, jede einzelne Ausführungsform zu beschreiben, weshalb im folgenden nur die wichtigsten und kennzeichnendsten Anordnungen unserer maßgebenden Werke behandelt werden können.

Ausführungen.

Ausführungen von A. Stotz, A.-G., Stuttgart. Allgemeine Anordnung nach Abb. 175[2]). Der Neusand wird nach dem Trocknen durch ein Becherwerk unter die Läufer eines Kollerganges mit Schöpfrad und eingebautem Sieb (Abb. 81/82) und durch ein zweites Becherwerk in eine

[1]) Stahl und Eisen, 1912, S. 2162.

[2]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 531. Der Weg des neuen Sandes ist durch fein ausgezogene Linien, der Weg des alten Sandes durch stark ausgezogene Linien, der Weg des Kohlenstaubes durch wagrechte Strichelung und der des gemischten Sandes durch schräge Strichelung gekennzeichnet.

Abteilung des Mischkastens gebracht. Der Neusand gelangt über einen Rüttler mittels eines Becherwerkes und eines Schiebeförderers (Schiebetransporteurs) durch einen Eisenausscheider (Separator) in eine Siebmaschine und von da in eine zweite Abteilung des Mischkastens (Abb. S. 129). Der Mischkasten enthält mehrere Abteilungen für Neusand, eine Abteilung für Altsand, eine Abteilung für Kohlenstaub und ist mit einer guten Verteil- und Mischeinrichtung ausgerüstet. Der in trockenem Zustande gründlich vorgemischte Sand gelangt mittels einer Sammelschnecke durch eine Anfeuchttrommel (Abb. S. 134) über einen Rüttler in eine Schleudermühle, um von hier aus unmittelbar in den Lagerbehälter (Silo) zu fallen.

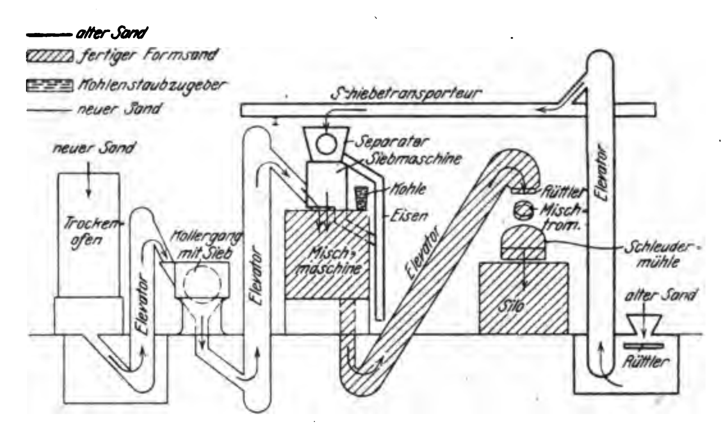


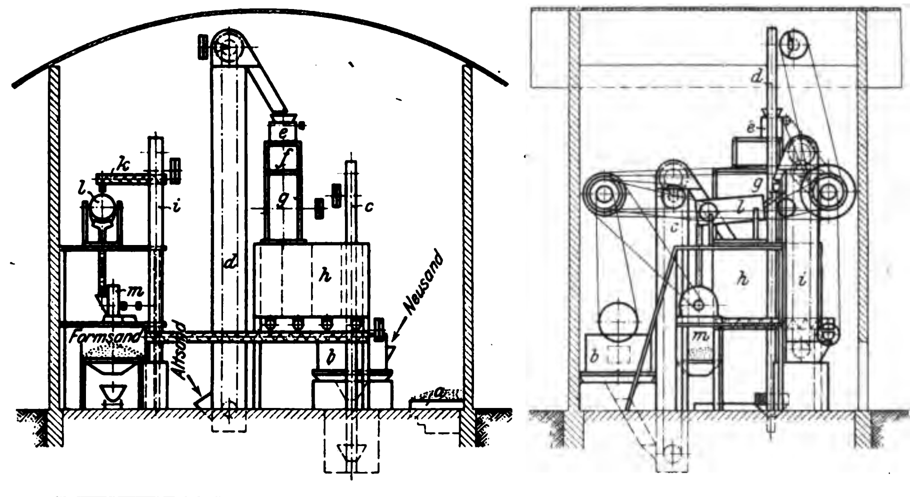
Abb. 175. Schema einer Aufbereitung von A. Stotz.

Der eigenartige Kollergang, der Mischkasten mit verschiedenen Abteilungen und seiner Verteil- und Mischeinrichtung, und die Anfeuchttrommel sind wesentlich kennzeichnende Bestandteile jeder Stotzschen Ausführung.

Die Abb. 176 bis 178 [1]) geben eine derartige für 2 cbm/st ausgeführte Anlage wieder, die einer Gießerei von etwa 1000 t Jahreserzeugung vollauf genügt. Der Antrieb erfolgt von einer Hauptwelle aus mit Vorgelegen. Da alle Maschinen mit loser und fester Scheibe versehen sind, kann jede Maschinengruppe für sich betrieben werden. Täglich werden 5 cbm Sand benötigt, zu dessen Aufbereitung rund $2^1/_2$ Stunden Betriebszeit erforderlich ist. Beim vollen Betriebe aller Maschinen sind 18 PS Betriebskraft erforderlich. Der Mischkasten faßt 16 cbm, entspricht also dem Bedarfe für mehrere Tage. Der Behälter für fertigen Formsand hat 2 cbm Inhalt.

[1]) Nach E. Müller, Z. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1153.

Die Anlage nimmt bei 11 m Höhe 83 qm (11×7,5 m) Bodenfläche ein, wobei zu beachten ist, daß in der Gießerei weitere Lagerplätze für Neu-, Alt- und Fertigsand unnötig sind. Infolge der kurzen Betriebszeit bietet die Anlage einen guten Rückhalt für spätere Vergrößerungen und erleidet — da sie in den langen Betriebspausen in voller Ruhe



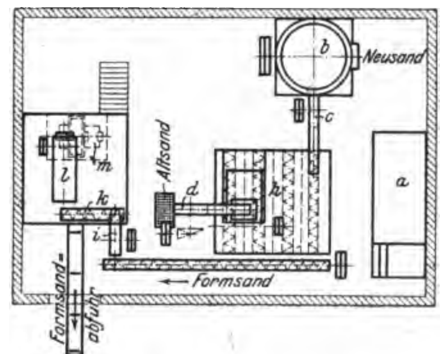


Abb. 176—178.
Selbsttätige Sandaufbereitung für 2 cbm/st Jahreserzeugung.

gewartet werden kann — nur geringe Abnutzung. Sie ist übersichtlich und in allen Teilen leicht zugänglich. Abgesehen von der An- und Abfuhr des Roh- und des Fertigsandes wird sie von einem Arbeiter bedient, der selbst bei recht ausgiebig bemessener Zeit zur Wartung (Ölung und Reinigung) während der Hälfte seiner Arbeitszeit anderweitig beschäftigt werden kann.

Eine Sandaufbereitung aus jüngster Zeit, die sich über vier Stockwerke verteilt, wird in den Abb. 179 bis 183[1]) in 5 Schnitten ersichtlich. Der Neusand gelangt mittels Hängebahn in den unter

[1]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1914, Heft 26, Tafel 26. Die Aufbereitung wurde von A. Stotz für die Gießereianlage der Firma J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz ausgeführt.

Gießereisohle gelegenen wagrechten Trockenofen *a* (Abb. 180), aus dem er in das Mundstück eines Becherwerkes *b* fällt, das ihn zu dem auf ebener Erde aufgestellten Kollergang *c* bringt, bei Benutzung des

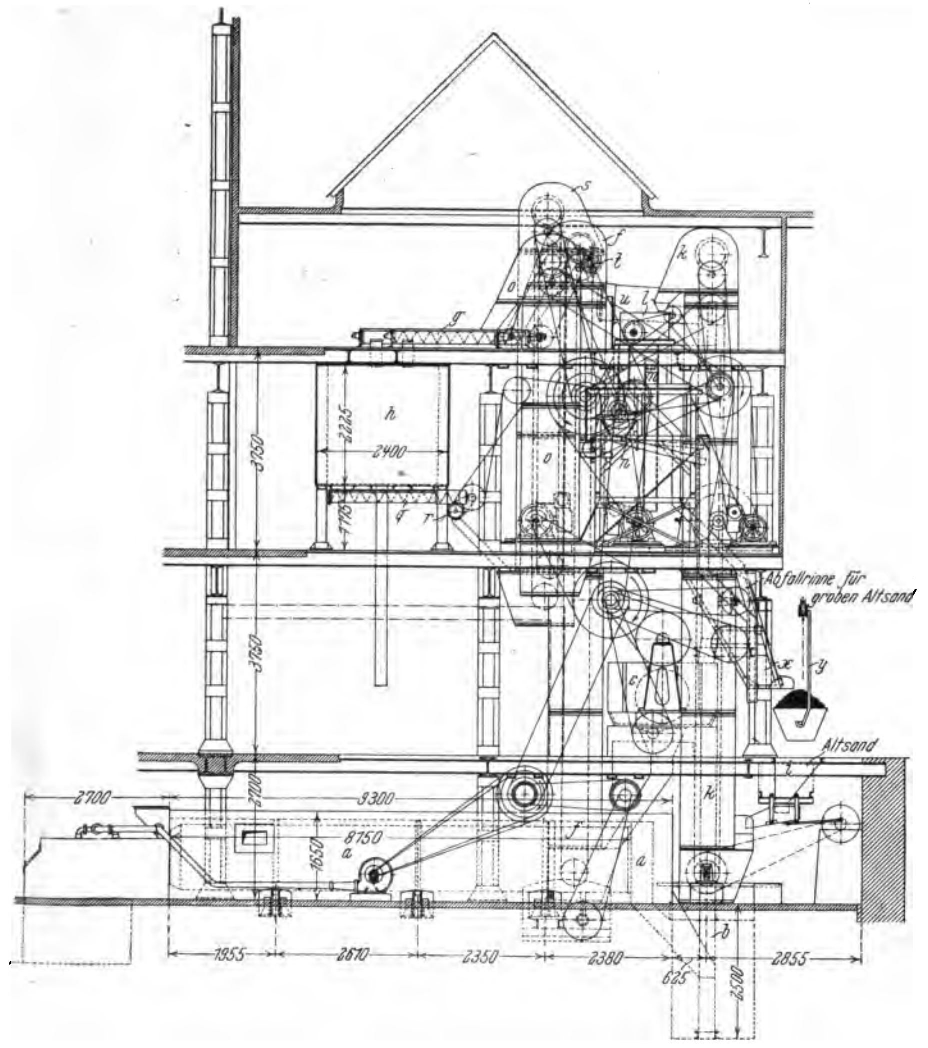


Abb. 179. Sandaufbereitung von J. M. Voith in Heidenheim (I).

Kollerganges c_1 tritt der Schiebeförderer *d* in Tätigkeit. Der ausreichend zerkleinerte Sand fällt aus dem Kollergang *c* in das Becherwerk *f*, während es von c_1 durch die Schnecke *e* unter der Decke des Kellergeschosses zum Becherwerk *f* geschafft wird. Becherwerk *f* hebt das Gut in die im obersten Stockwerk gelegene Schnecke *g* Abb. 179, die es

in eine Abteilung des im ersten Stockwerk auf Säulen ruhenden Mischkastens *h* bringt.

Der Altsand wird bei *i* (im Querschnitte Abb. 179 unterhalb des Kübels mit grobem Altsand) in eine Schüttelrinne gebracht, über die

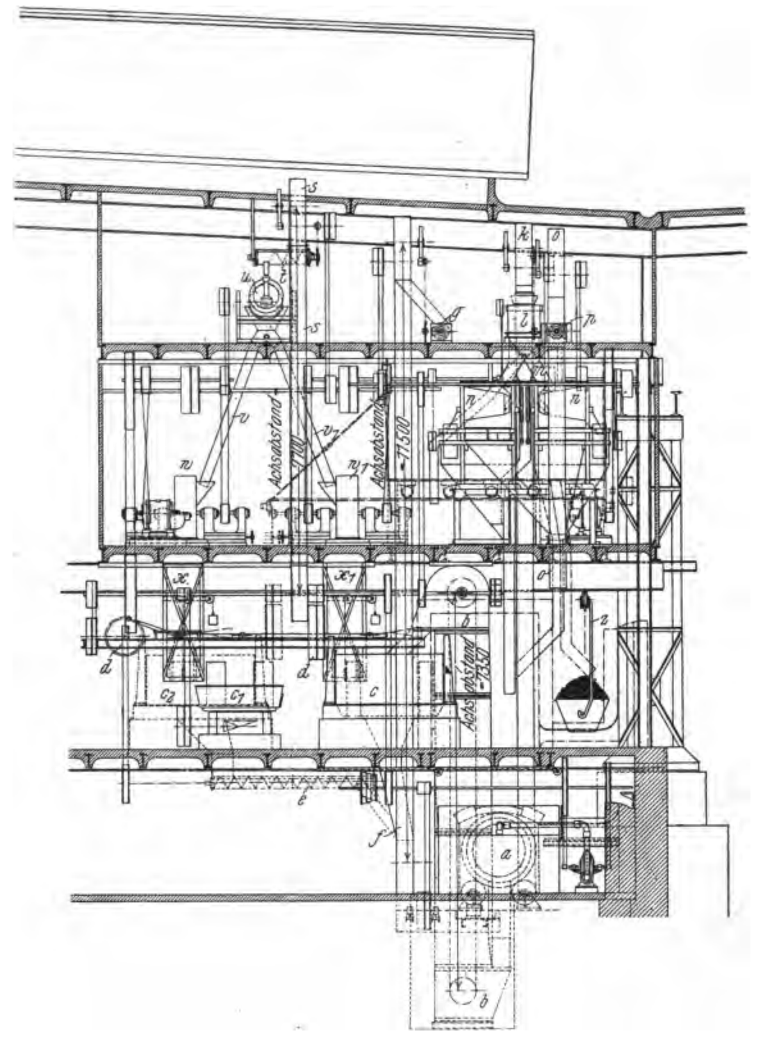


Abb. 180. Sandaufbereitung von J. M. Voith in Heidenheim (II).

er zum Becherwerk *k* gelangt, das ihn zu dem im obersten Stockwerke aufgestellten Eisenabscheider *l* bringt (Abb. 180). Durch eine Abfallrinne wird das Eisen abgeschieden und unten gesammelt, während der gereinigte Sand durch das Zwischenstück *m* in die aus zwei Trommel-

sieben bestehende Siebmaschine fällt. Das Grobe wird über den Siebrand durch eine Abfallrinne ausgeschieden, das Feine gleitet in das Becherwerk o, durch das es wieder auf das oberste Stockwerk in die Schnecke p und durch sie in eine Abteilung des Mischkastens gelangt.

Der Kohlenstaubbehälter des Mischkastens wird von Hand gefüllt; die Staubsäcke werden mit dem Gichtaufzug hoch gebracht und mit Karren zur Einfüllöffnung gefahren. Die Entnahme, Zuteilung und Mischung der verschiedenen Bestandteile erfolgt mittels der Schnecken

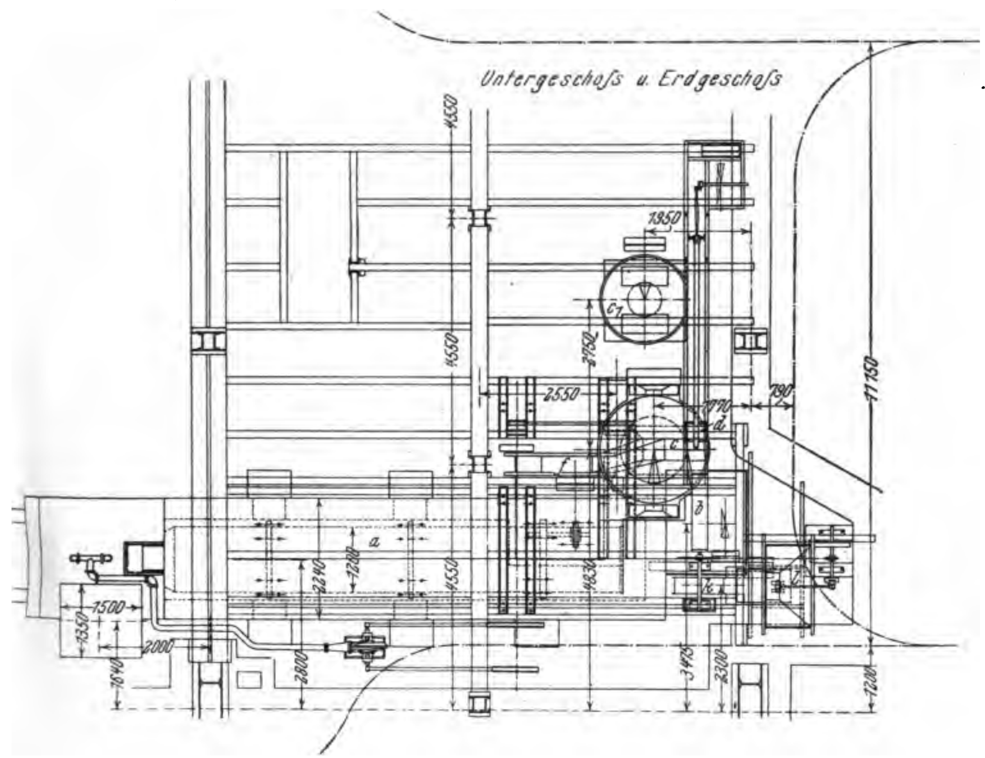


Abb. 181. Sandaufbereitung von J. M. Voith in Heidenheim (III).

q, q_1, q_2, q_3 und q_4 (Abb. 182) in üblicher Weise (Abb. 129, S. 150), worauf das Gemenge aus dem Mischtrog durch die Förderschnecke t und das Becherwerk s in die Anfeuchttrommel u gelangt, aus der es durch die Rutschen v und v_1 in die Mischmaschinen w und w_1 (Abb. 180) fällt, die den fertigen Sand unmittelbar in die Behälter x und x_1 schleudern, aus denen er nach Bedarf in die Hängebahnwagen y abgelassen wird. Der zur Herstellung von Füllsand benötigte Altsand durchläuft nur die Altsandgruppe, die Anfeuchttrommel und die Mischmaschine und wird bei z in Hängebahnkübeln aufgefangen.

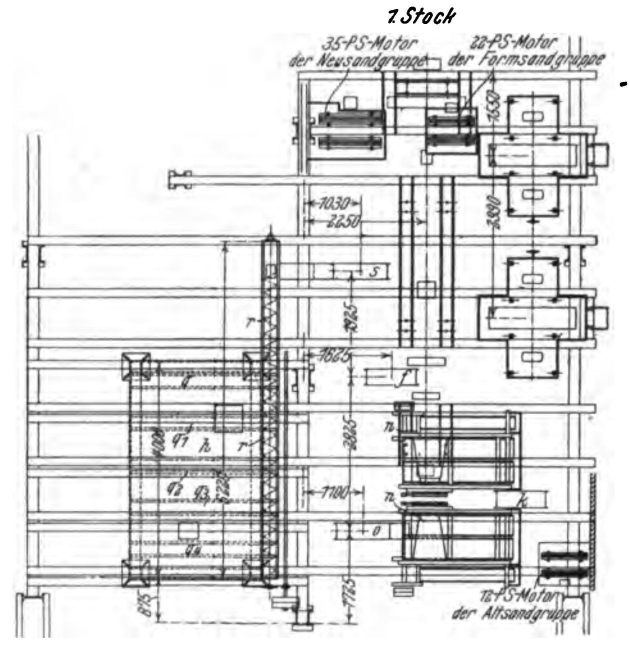


Abb. 182. Sandaufbereitung von J. M. Voith in Heidenheim (IV).

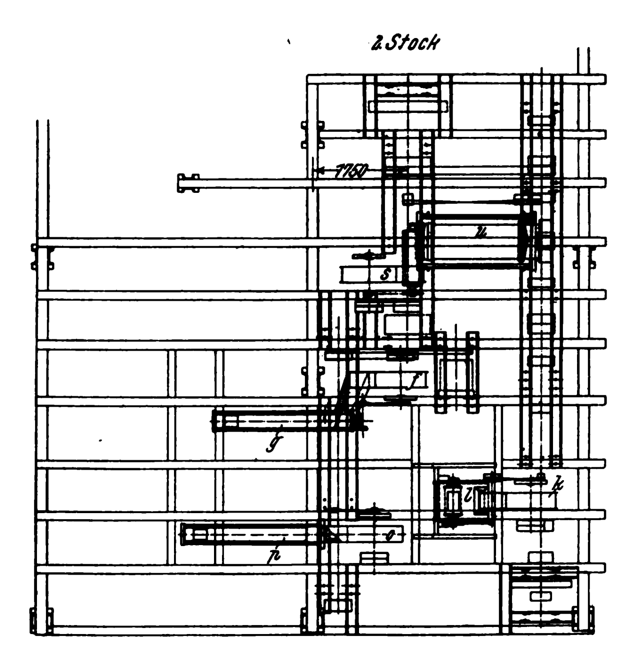


Abb. 183. Sandaufbereitung von J. M. Voith in Heidenheim (V).

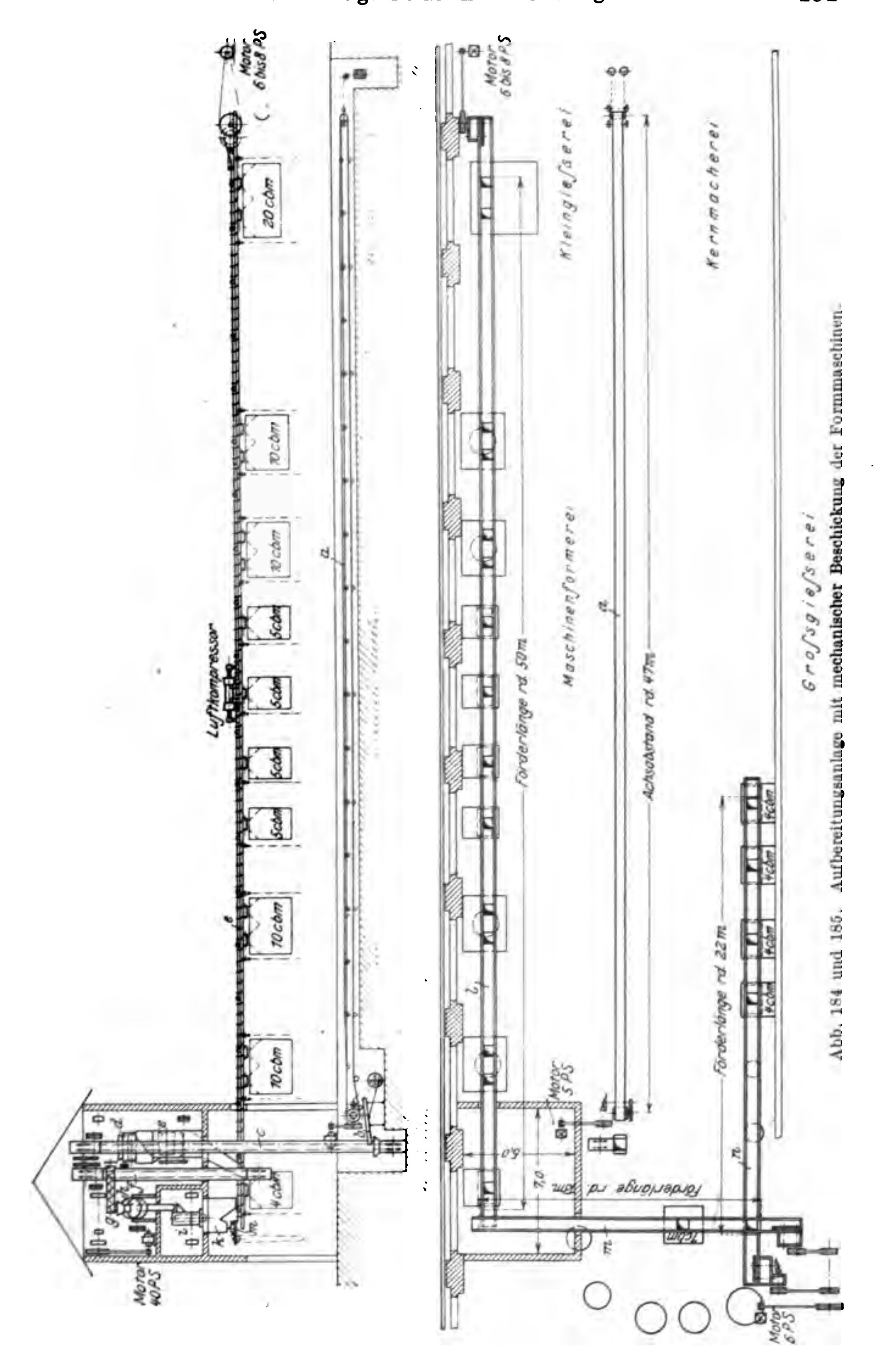


Abb. 184 und 185. Aufbereitungsanlage mit mechanischer Beschickung der Formmaschinen.

Die Abb. 184 bis 186 zeigen eine Aufbereitungsanlage mit **mechanischer Beschickung der Formmaschinen**[1]). Um den verbrauchten Sand raschest aus der Gießerei zu entfernen, ist über die ganze Länge der Gießerei ein Förderband *a* angeordnet. Die Formkasten werden auf einem über dem Bande angeordneten Roste entleert, der die Abgüsse und die gröbsten Fremdkörper zurückhält. Das Band mündet auf eine Schüttelrinne *b*, die das Becherwerk *c* gleichmäßig beschickt. Durch das Becherwerk *c* und den Eisenabscheider *d* gelangt der Sand zur Siebmaschine *e*, von ihr mittels Becherwerk *f* zur Spirale *g*, zur Anfeucht- und Mischtrommel *h* und zur Schleudermühle *i*, die ihn in den Behälter *k* wirft.

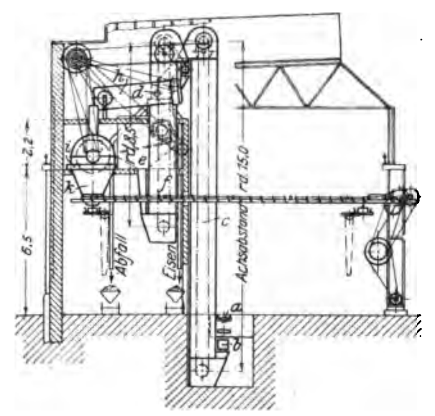


Abb. 186. Querschnitt der Aufbereitungsanlage Abb. 184 u. 185.

Die Sandbehälter der Formmaschinen werden durch drei Schiebeförderer *l*, *m* und *n* aus dem Hauptbehälter *k* gespeist. Der 50 m lange Schiebeförderer *l* beschickt 10 Formmaschinen auf der einen Längsseite, der zweite, *m*, einen querliegenden Behälter und der dritte, *n*,

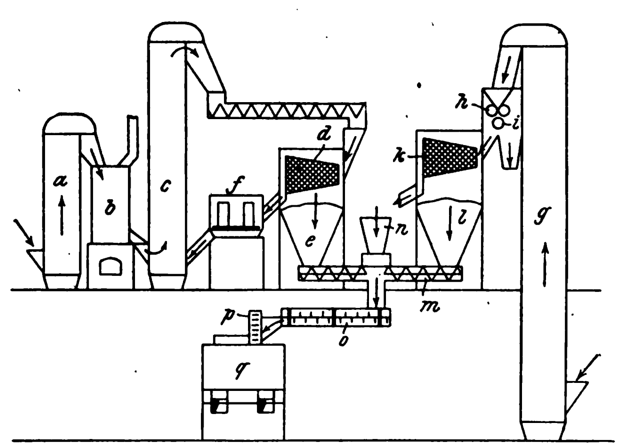


Abb. 187. Schema einer Aufbereitung der Badischen Maschinenfabrik.

die Behälter von vier Maschinen an der anderen Längswand. Die kleineren Behälter sind durch einen, die größeren durch zwei Schieber mit der Schieberinne verbunden. Um einen gleichmäßigeren Antrieb zu

[1]) Nach E. Müller, Z. Ver. deutsch. Ing. 1912, S. 1156.

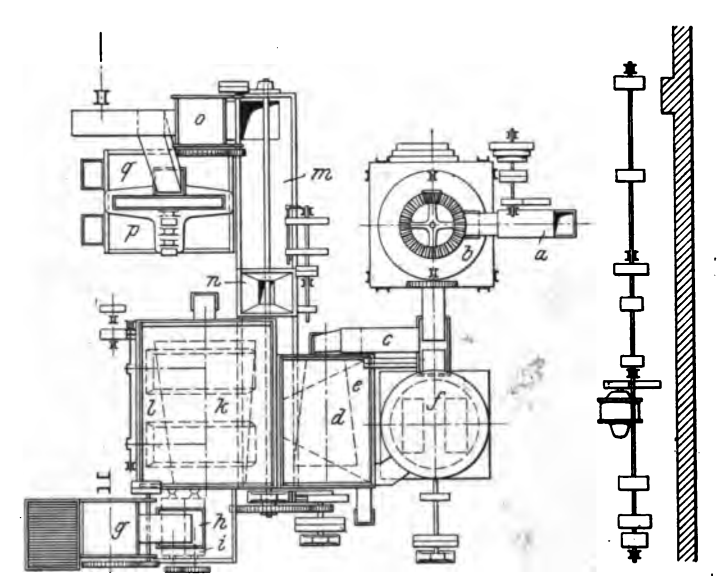


Abb. 188. Grundriß der in den Abb. 189 bis 191 dargestellten, von der Badischen Maschinenfabrik ausgeführten selbsttätigen Aufbereitungsanlage.

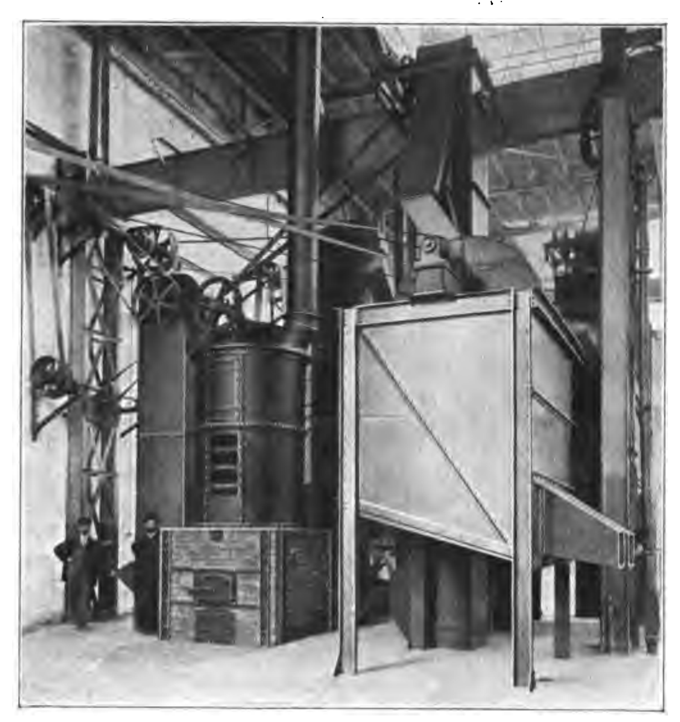


Abb. 189. Blick auf die Neusandgruppe.

sichern, wurde der sehr lange Schiebeförderer *l* mit einer Luftbremse versehen.

Täglich werden bei gleichzeitigem Betriebe aller Formmaschinen 100 cbm Sand verbraucht, wodurch sich bei 12 bis 15 cbm stündlicher Leistungsfähigkeit eine tägliche Betriebszeit der Aufbereitung von etwa 6 Stunden ergibt. Sie fällt aber gewöhnlich kürzer aus, da man die

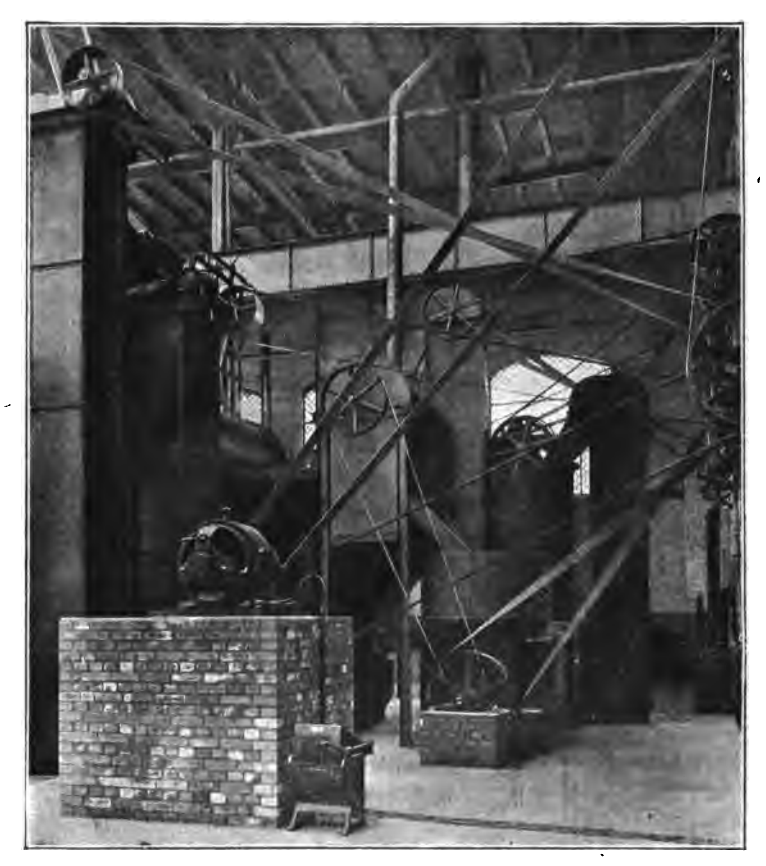


Abb. 190. Gesamtbild der selbsttätigen Aufbereitungsanlage.

Anlage beim Arbeitsbeginn schneller arbeiten läßt, um die vom vorhergehenden Abend übriggebliebenen Reste rasch aufzuarbeiten.

Ausführungen der Badischen Maschinenfabrik A.-G., Durlach. Allgemeine Anordnung nach Abb. 187 und 192. Grundriß, Abb. 188, und die Ansichten, Abb. 189, 190 und 191, entsprechen einer ausgeführten großen Anlage[1]). Der grubenfeuchte Neusand wird durch das Becherwerk *a*

[1]) Nach C. Geiger, Stahl und Eisen 1912, S. 2165/68.

in den stehenden Sandtrockenofen *b* (siehe auch Abb. 189) gefördert[1]), aus dem ihn das Becherwerk *c* in das Trommelsieb *d* schafft. Die in der allgemeinen Anordnung eingezeichnete Förderschnecke kommt nur in Sonderfällen zur Ausführung, im allgemeinen kann der getrocknete Neusand vom Becherwerk unmittelbar in das Trommelsieb geschüttet werden. Das Feingut fällt durch die Trommel in den untergebauten Behälter *e*, während der Siebrückstand, gröbere Sandknollen und Steine, durch eine geschlossene Rutsche dem Kollergang *f* zugeführt wird.

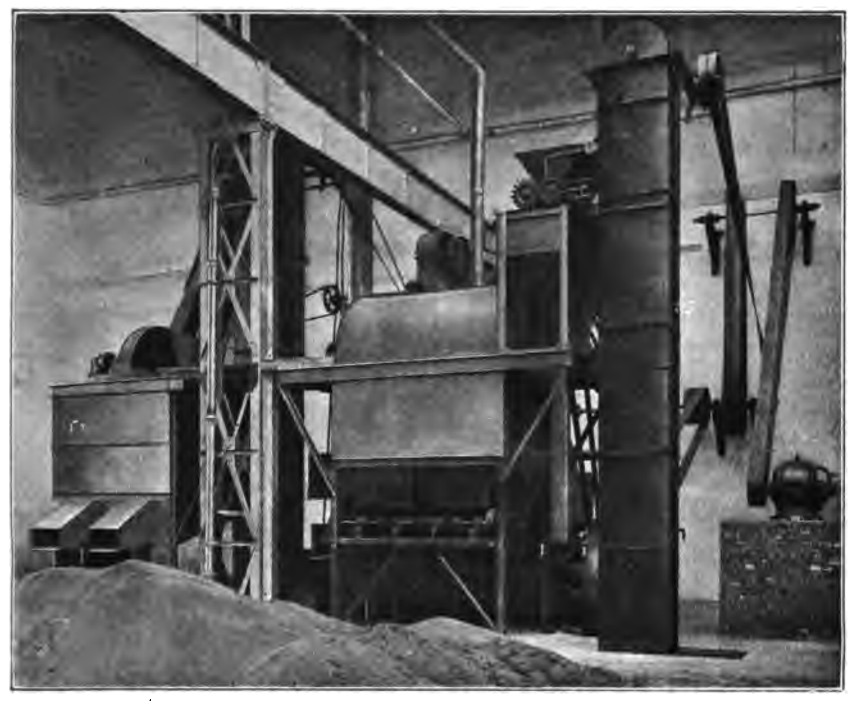


Abb. 191. Blick auf die Fertigsandgruppe.

Das zerkleinerte Gut gelangt wieder in das Becherwerk *c* und durch dieses in die Siebtrommel *d*. Abb. 190 läßt die einzelnen Bestandteile der Neusandgruppe, den stehenden Trockenofen im Hintergrunde, das Becherwerk zur Förderung in die Siebtrommel und den Kollergang mit seiner Zuführung deutlich erkennen.

Der alte Sand wird durch einen Rost, der grobe Verunreinigungen zurückhält, dem Becherwerk *g* zugeführt, das ihn zum Walzwerk *h* bringt, in dem die Knollen zerdrückt werden. Unmittelbar daran anschließend reinigt ein Eisenausscheider *i* den Sand und läßt ihn dann

[1]) Beschreibung des Trockenofens S. 112/113, Abb. 74/75.

durch eine Rutsche in das Trommelsieb *k* gleiten, durch das er in den Zwischenbehälter *l* gelangt. Die Ansicht, Abb. 191, gibt ein klares Bild des Becherhebers *g*, des Einschütttrichters des Walzwerkes und des sich unmittelbar links daran anschließenden Zwischenbehälters *l* für den gereinigten und gesiebten Altsand. Die Behälter *e* (Neusand) und *l* (Altsand) werden durch einen Vormischer verbunden, in den auch der Kohlenstaubbehälter mündet. Der alte und neue Sand werden, ebenso wie der Kohlenstaub, dem Mischtrog *m* durch Regelungsschieber und Schüttelböden [1]) zugeführt, wo sie gemischt und gleichzeitig durch eine Brause befeuchtet werden. Das Becherwerk *o* hebt das vorgemischte Gemenge zur Schleudermaschine *p*, die den Sand innig mischt. Der fertig aufbereitete Sand gelangt durch eine Drehklappe in den Behälter *q* (Abb. 191, links, Abb. 189, rechts), aus dem er durch Auslaufschnauzen abgezogen werden kann.

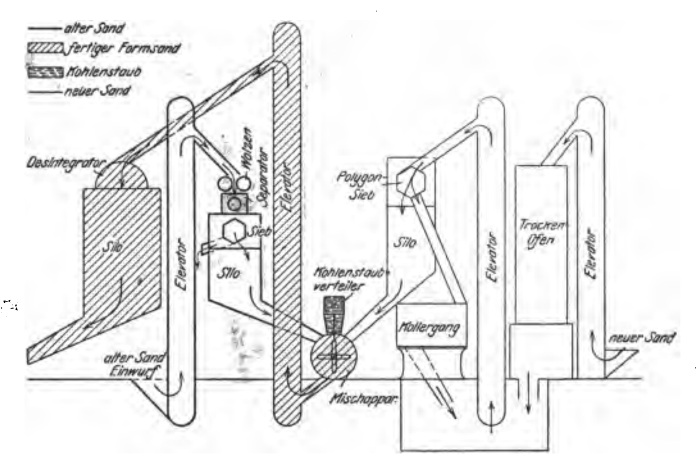


Abb. 192. Schema einer Aufbereitung der Badischen Maschinenfabrik.

Die erörterte Anlage deckt den Sandbedarf einer Gießerei für Massenwaren im Umfang von täglich 20 cbm Modell- und 500 cbm Füll- oder Haufensand. Nur der Modellsand beansprucht alle Aufbereitungselemente. Der Füllsand braucht nur von fremden Bestandteilen gereinigt und durchgesiebt zu werden. Um bei der Aufbereitung des Füllsandes die unnötigen Maschinen auszuschalten, ist am Becherwerk *o* ein doppelter Auslaufschlauch mit Drehklappe vorgesehen (in den Abbildungen nicht zu ersehen!), durch deren Einstellung der gesiebte Sand unmittelbar in einen Schiebeförderer fällt, der ihn zur Verwendungsstelle bringt.

---

[1]) Abb. 131 bis 133, S. 152/153.

Der Kraftbedarf der ganzen Anlage beläuft sich bei vollem Betriebe auf etwa 32 PS; davon benötigt die Neusandgruppe 7 PS, die Altsandgruppe (stündliche Leistungsfähigkeit 50 cbm ungeschleuderter Sand) 6 PS und den Rest von 19 PS die Fertigsandgruppe.

Die Abb. 193 bis 199 geben in einer Reihe von Schnitten und einer Innenansicht die Aufbereitungsanlage einer Rohrgießerei wieder[1]). Da es sich um Sand für einfachste und noch dazu getrocknete Formen handelt, konnte die Mischeinrichtung durch den Wegfall einer Kohlenzufuhr vereinfacht und die Endaufbereitung durch den Wegfall von Schleudermaschinen fast ganz erübrigt werden. Dafür trug man Sorge, die Weiterbeförderung des fertigen Sandes möglichst vollkommen auszugestalten.

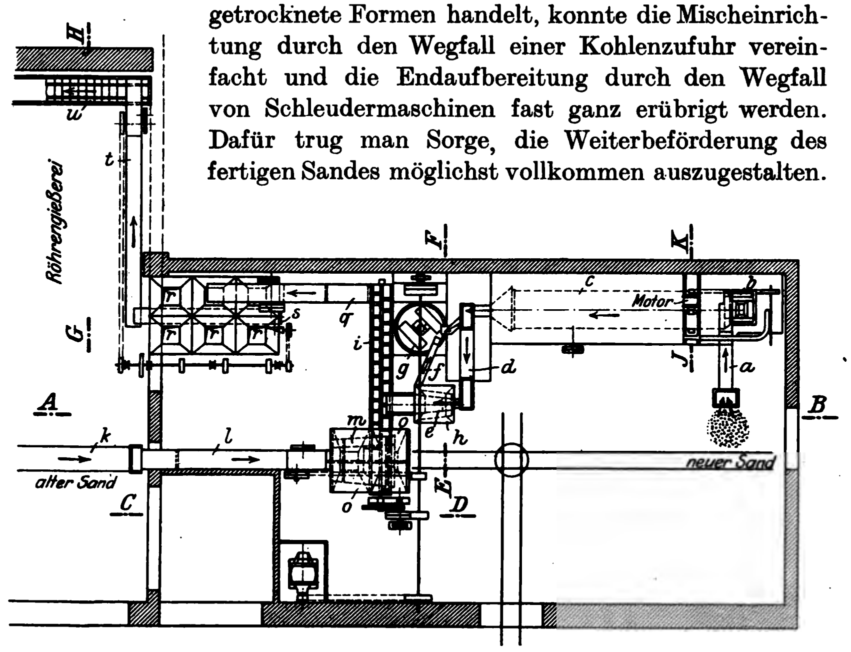


Abb. 193. Aufbereitungsanlage einer Rohrgießerei.

Arbeitsgang: Das Becherwerk *a* schafft den lufttrockenen Neusand zum Walzwerk *b*, aus dem er in den wagrechten Drehtrockenofen *c* (Schnitt *IK* und *AB*) fällt. Das Becherwerk *d* bringt ihn von hier in das mit Vorsieb ausgestattete Siebwerk *e*, aus dem das Grobe durch die Rutsche *f* (Abb. 193) zum Kollergang *g* gleitet, um zerkleinert durch einen Trichter in das Becherwerk *d* zu kommen und so in das Sieb zurückzugelangen. Der Siebdurchfall fällt in den Behälter *h*, der ihn mittels eines regelbaren Schüttelbodens zum Mischtrog *i* weitergibt.

Der alte Sand gelangt mittels des Förderers *k* und des Becherwerkes *l* in das mit Vorsieb versehene Trommelsieb *m*; Holz, Eisen, Lumpen, Papier und ähnliche grobe Verunreinigungen werden durch den Trichter

[1]) Ausführung der Badischen Maschinenfabrik, nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 698 und Tafel 18.

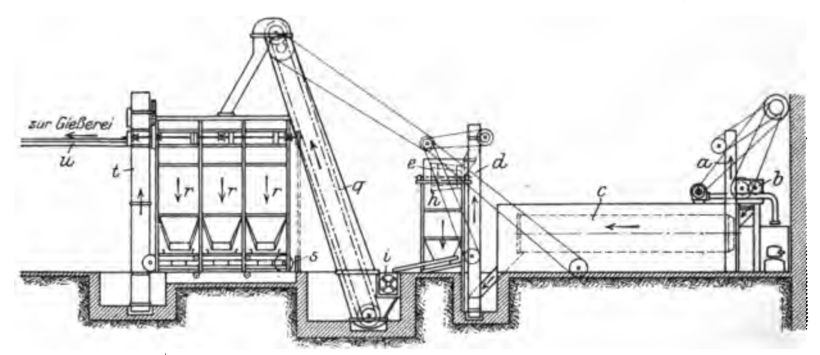


Abb. 194. Schnitt *A B* der Abbildung 193.

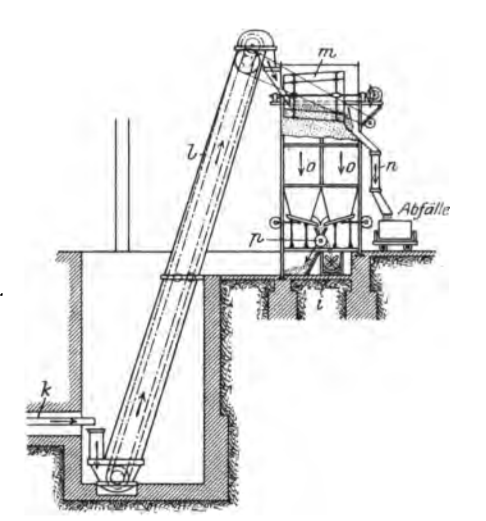


Abb. 195. Schnitt *C D* der Abb. 193.

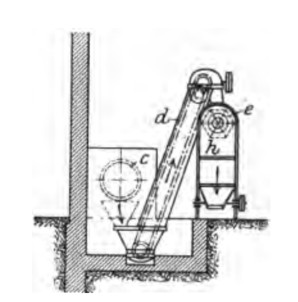


Abb. 196. Schnitt *E F* der Abb. 193.

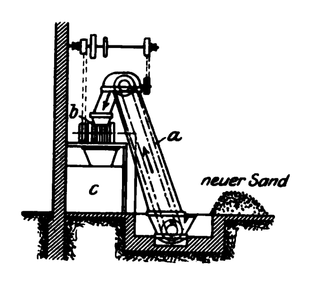


Abb. 197. Schnitt *I K* der Abb. 193.

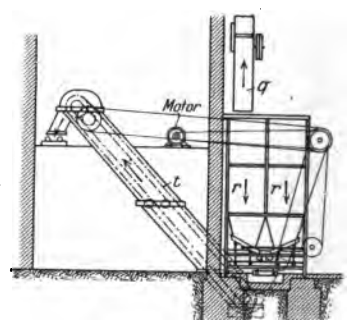


Abb. 198. Schnitt *G H* der Abb. 193.

n (Schnitt *CD*) ausgeschieden. Der gesiebte Sand fällt in die Zwischenbehälter *o,* die ihn durch regelbare Schüttelböden an den magnetischen Scheider *p* abgeben, aus dem er in den Mischtrog *i* fällt. Hier werden

beide Sandsorten gemischt und befeuchtet und vom Becherwerk *q* in die Endlagerbehälter *r* (Schnitt *A B*) geschafft.

Die Weiterbeförderung erfolgt durch einen Gurtförderer *s* auf den der Sand mittels regelbarer Schüttelböden fällt. Der Förderer *s* gibt sein Gut dem Becherwerk *t* ab (Schnitt *GH*), das es auf den Schiebeförderer *u* bringt, mittels dem es zur Verwendungsstelle in die Gießerei geführt wird.

Eine sehr bemerkenswerte Sandaufbereitung ist in den Abb. 200 bis 206 dargestellt [1]). Das Studium dieser Anlage ist besonders lohnend;

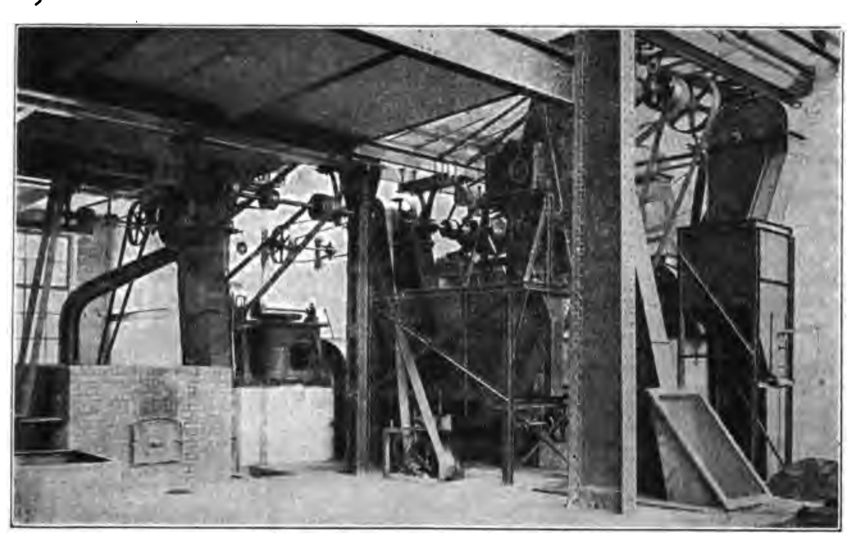


Abb. 199. Blick in die Aufbereitungsanlage einer Rohrgießerei (ausgeführt von der Badischen Maschinenfabrik).

sie ist im einzelnen wie im ganzen ausgezeichnet durchdacht, leistet Bestes und hat sich auch in wirtschaftlicher Beziehung durchaus den Erwartungen entsprechend bewährt.

Die Gießerei erzeugt täglich auf 52 Formmaschinen 52 000 kg Gußwaren, zum größten Teil Gliederheizkessel für Zentralheizungen. Dazu sind täglich 80 cbm Modellsand, d. i. der Inhalt von etwa 10 Doppelwaggons, erforderlich. Noch kurze Zeit vor Aufstellung der selbsttätigen Anlage wurde mit einzelnen, teilweise zu Gruppen vereinigten Aufbereitungsmaschinen täglich 65 cbm Modellsand hergestellt. Damit waren 13 Arbeiter beschäftigt, von denen jeder täglich durchschnittlich 10 Mark verdiente. Demnach wurden jährlich für 19 500 cbm Modell-

[1]) Nach C. Henning, Stahl und Eisen 1909, S. 810/18. Die Anlage wurde im Jahre 1909 von der Badischen Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach, für das Strebelwerk, G. m. b. H. in Mannheim, ausgeführt.

sand 39 000 Mk. Löhne verausgabt. Außerdem wurden bei täglich achtstündiger Vollbelastung eines 20-PS-Motors für 42 000 KW-Std. zu 7,5 Pf. 3140 M. für elektrischen Strom ausgegeben, so daß sich die hauptsächlichsten Betriebsunkosten der Sandaufbereitung auf 42 140 M.

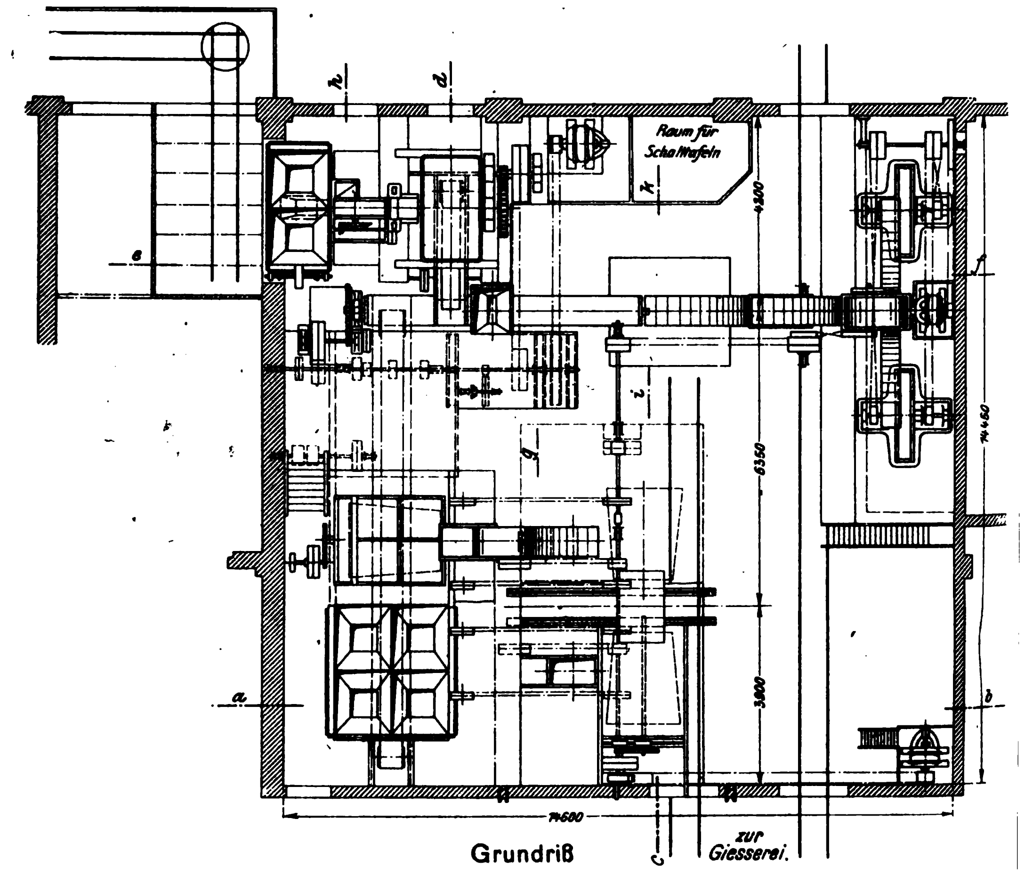


Abb. 200. Grundriß der Sandaufbereitung einer großen Gliederkesselgießerei (Ausführung Badische Maschinenfabrik).

im Jahre stellten, ohne die Nebenkosten für Beleuchtung, Schmierung, kleine Ausbesserungen u. a. m.; 1 cbm Formsand erforderte demnach 2,16 M. $\left(\frac{42\,140}{19\,500}\right)$ Aufbereitungskosten.

Die hohen Aufbereitungskosten, die mitunter ungleichmäßige Bearbeitung des Formsandes, der stets steigende Bedarf und der für die Sandaufbereitung verfügbare enge Raum drängten dazu, durch Anlage einer selbsttätigen Aufbereitung die Sandfrage in besserer Weise zu

lösen. Das ist denn auch in ausgezeichneter Weise gelungen. Die Anlagekosten der selbsttätigen Aufbereitung betrugen 75 400 M., die sich in folgender Weise verteilen:

Bauliche Unkosten	16 000 M.
Sandaufbereitungsanlage, Sandbehälter, Aufstellung	48 000 „
Transmissionen und elektrische Ausrüstung .	6 600 „
Elektromotoren	4 800 „
zusammen	75 400 M.

Die Betriebskosten der neuen Anlage betragen:

Verzinsung des Anlagekapitals mit 5% .	3 750 M. i. Jahre
Abschreibungen: Baulicher Teil, 5% von 16 500 M. = 825 M.; Maschinen, 20% von 48 000 M. = 9 600 M.; Transmissionen und elektrische Anlage, 10% von 11 400 M. = 1140 M.; insgesamt	11 565 „ „ „
Elektrische Kraft einschließlich Magnetstrom 72 600 KW-Std. zu 7,5 Pf.	5 445 „ „ „
Ausbesserungen, Ersatzteile, Schmiermittel usw.	2 640 „ „ „
Löhne: 6 Mann je 7 M. = 42 M. je Tag	12 600 „ „ „
	36 000 M. i. Jahre

Bei einer durchschnittlichen Jahresleistung von 24 000 cbm kostet demnach 1 cbm rund 1,50 M. gegen 2,16 M. nach dem alten, zum großen Teil durch Handarbeit betätigten Verfahren. Das entspricht einer jährlichen Ersparnis von über 15 000 M., so daß die ganze teuere Anlage in fünf Jahren vollständig abgeschrieben werden konnte.

Die technische Ausführung der Anlage entspricht den bereits bei den vorhergehenden Beispielen erörterten Ausführungsgrundsätzen der Badischen Maschinenfabrik. Die Aufbereitung zerfällt in drei mit je einem eigenen Elektromotor betriebene Gruppen. Die erste Gruppe reinigt und siebt den Altsand, die zweite trocknet und mahlt den Neusand, die dritte besorgt das Mischen, den Zusatz von Kohlenstaub, das Anfeuchten und Auflockern des fertigen Sandgemenges. Die Anlage ist groß genug bemessen, bei $9^1/_2$ stündiger Betriebszeit 120 cbm Modellsand liefern zu können.

Der gebrauchte Formsand wird in Kippwagen, deren Kübel 0,7 cbm Inhalt haben, von den Formmaschinen weggeholt, auf Schmalspurgleisen zur Aufbereitungsanlage gebracht — sie liegt fast in der Mitte einer Längsseite der Gießerei — und in einen Trichter von $1 \times 1{,}5$ m

Öffnung abgestürzt (Schnitt *a—b*). Der Trichter teilt sich in zwei Rinnen (Schnitt *c—d*), die in zwei Siebtrommeln aus 10 mm starkem gelochten Eisenblech münden. Ein schwerer, aus Flacheisen bestehender Rost über dem Trichter hält die größten Fremdkörper, wie Eingüsse und Steiger, zurück. Die kleineren, in die Siebtrommeln gelangenden Eisenteile helfen die Sandknollen zerreiben und fallen aus den Trommeln in Kippwagen, die auf der Sohle der Vorsiebgrube stehen und

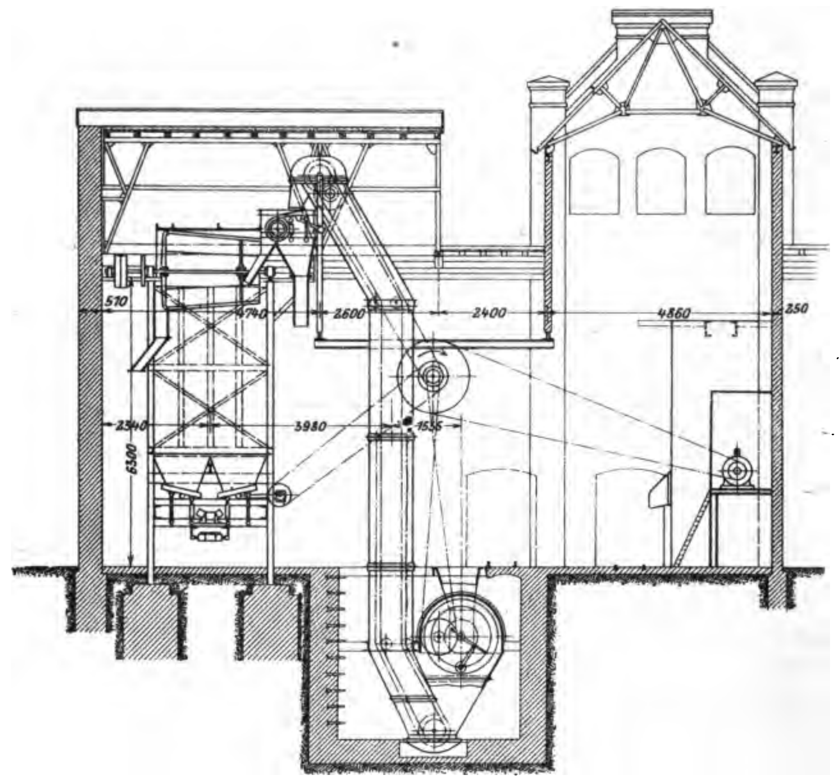


Abb. 201. Schnitt *a—b* der Abb. 200.

allabendlich mit einem Flaschenzuge herausgehoben werden. Man entfernt so täglich etwa 1000 kg Eisen aus dem alten Sande. Die kegelförmigen Vorsiebtrommeln sind 2000 mm lang und haben am weiten Ende 1600, am engen 1300 mm Durchmesser; ihre Wandstärke beträgt 10 mm, die Größe der Durchlochungen 15 mm. Sie laufen mit einer mittleren Umfangsgeschwindigkeit von 1,5 m in der Sekunde. Zur Vermeidung von Staubbelästigungen sind sie dicht in Eisenblechmäntel eingekapselt. Der durchgesiebte Formsand, der noch alle Eisenteile unter 15 mm Größe enthält, fällt in die Aufnahmetrichter zweier

Becherwerke (Schnitt $a-b$), die ihn auf einen Schüttelboden bringen, der ihn gleichmäßig verteilt in breitem, dünnem Strahl auf die Walzen zweier Magnetausscheider fließen läßt, die die letzten Eisenteile entfernen. Die Magnete der beiden Ausscheider werden mit Gleichstrom von 120 V gespeist und verbrauchen 720 W. Das hierbei dem Sande entzogene Eisen — täglich etwa 300 kg — fällt durch zwei senkrechte Rohre in Kippwagen, die auf der Gießerei- (Sandaufbereitungs-) sohle stehen. Der gereinigte Sand gleitet durch Rutschen in achtseitige Trommelsiebe

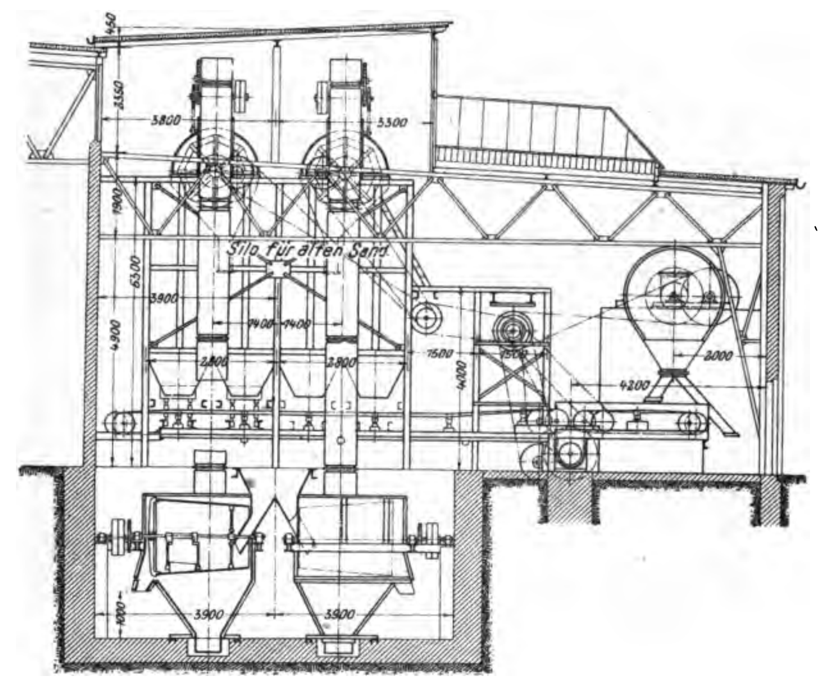


Abb. 202. Schnitt c—d der Abb. 200.

von 2000 mm Länge und 1500/1300 mm Durchmesser, die mit Sieben von 3 mm Maschenweite — sie ergeben also 5,8 qm freie Siebfläche — bespannt sind. Die Siebe laufen mit einer größten Umfangsgeschwindigkeit von 2,25 m in der Sekunde. Das zum größten Teile aus Verunreinigungen, wie Koksstückchen, Schlacke, Papier, Putzwolle bestehende Grobe gleitet am Ende der Trommel durch eine Rutsche nach außen in untergestellte Kippwagen. Der Siebdurchfall fällt unmittelbar in den unter den Siebtrommeln angeordneten Zwischenbehälter (Schnitt $c-d$). Der ganz freistehende Behälter besteht aus 6 mm starkem Eisenblech und ruht auf einer kräftigen Eisenkonstruktion. Er ist 5,6 m lang, 2,5 m breit und vom Fuße des Untergestelles bis zu seinem oberen

Rande 6,3 m hoch. Sein Fassungsvermögen beträgt 30 cbm locker gesiebten Sand. Der Boden wird von vier Schüttelvorrichtungen abgeschlossen, die paarweise zusammenarbeiten, so daß je nach Bedarf nur ein oder auch beide Paare in Tätigkeit sein können. Der Sand gelangt durch diese Schüttler selbsttätig auf einen Gurtförderer (Schnitt *c—d*, *a—b* und Grundriß), der aus einem 6 mm starken und 500 mm breiten endlosen Gummibande besteht; er läuft über zwei Endwalzen, von deren einer er angetrieben wird. Die Entfernung von einer Endrolle

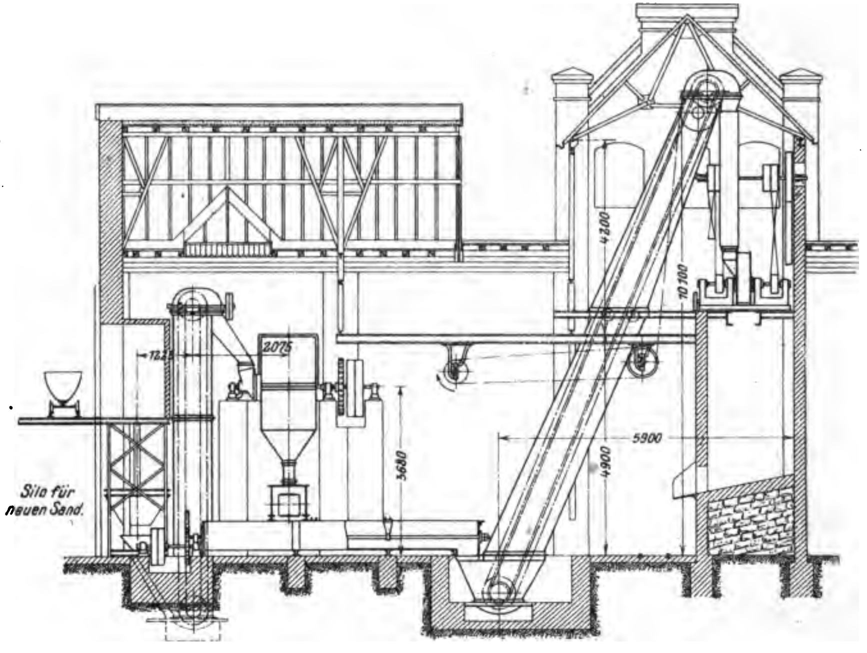


Abb. 203. Schnitt *e—f* der Abb. 200.

zur anderen beträgt 10 m. Auf dem Gurtförderer gelangt der gereinigte und gesiebte Altsand in den Mischtrog am anderen Ende der Anlage.

Der grubenfeuchte Neusand wird auf den Decken der Trockenkammern (145 qm) getrocknet und dann mit Kippwagen zum Neusandbehälter gefahren (Grundriß links oben und Schnitt *e—f* links). Er besteht ebenfalls aus kräftigem Eisenblech und faßt etwa 8 cbm getrockneten Sand, eine Menge, die dem Tagesbedarfe entspricht. Die quadratischen Öffnungen des Behälters sind mit Schüttelböden (Abb. 131/132, S. 152/153) abgeschlossen, die mit nachstellbaren Schwingen durch einen Exzentermechanismus in der Minute etwa 100 mal hin und her gerüttelt werden. Die Schüttelböden bringen den Sand in die Öffnung eines Becherwerks (Schnitt *e—f* und *g—h*), das ihn 6 m hoch hebt und dann

durch eine steil abfallende Rinne einer großen Kugelmühle zuführt. Die Bechergeschwindigkeit beträgt 0,37 m/sec. Die Kugelmühle hat eine Trommel von 1000 mm Breite und 1800 mm Durchmesser, die mit Feinsieben von 40 Maschen auf 1″ engl. bezogen ist. Die Höchstleistung der Kugelmühle beträgt 2 cbm/std. fein gemahlenen Sand. Sie läuft aber für die oben angegebene Tagesleistung etwas langsamer und liefert so nur 1,33 cbm/std. Der gemahlene Sand fällt in regelmäßigem Flusse auf einen Gurtförderer von 400 mm Breite und 2 m Länge, der ihn dem Mischtroge zuführt, in den auch der zerkleinerte, ausgesiebte alte Sand gefördert wird.

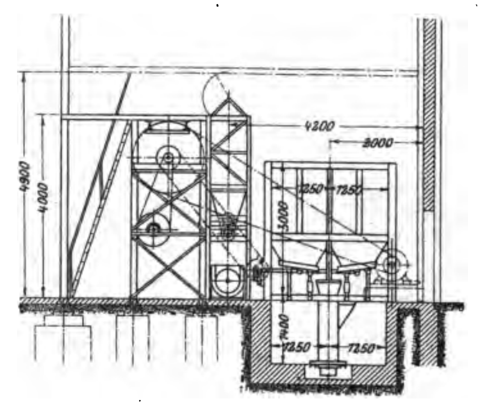


Abb. 204. Schnitt g—h der Abb. 200.

Unmittelbar neben dem Ende der beiden Gurtförderer steht ein kleiner Kohlenstaubbehälter von 1,5 cbm Inhalt über dem Mischtrog (Schnitt g—h, Mitte). Eine einstellbare Zuteilwalze, die von der Hauptwelle aus angetrieben wird, läßt die richtige Menge Kohlenstaub in den Mischtrog gelangen.

Der Mischtrog besteht aus kräftigem Blech, hat halbkreisförmigen Querschnitt, ist 7 m lang und enthält eine starke Vierkantrolle, deren schrägstehende Messer aus Hartguß die Bestandteile des Modellsandes innig mischen. Das Gemenge wird zugleich vorwärts geschoben, etwa $1^1/_2$ m vor dem Ende des Troges aus einem Brauserohr angefeuchtet, vom letzten Ende der Messerwelle noch ordentlich gemischt und schließlich in

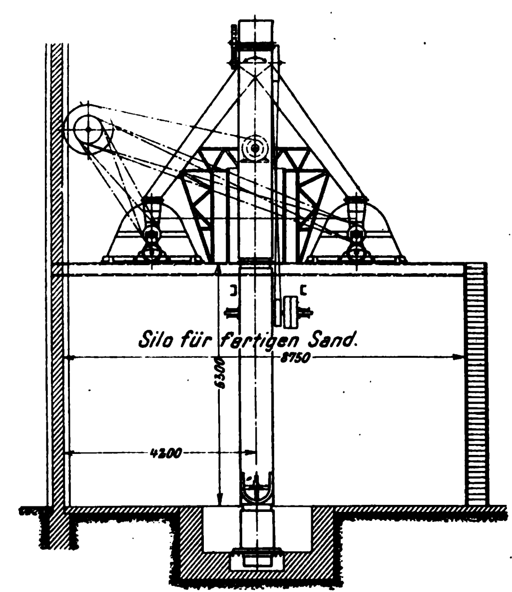


Abb. 205. Schnitt i—k der Abb. 200.

das Fußstück eines Becherwerkes gedrückt (Schnitt $e-f$). Durch das Becherwerk und zwei schräge Rinnen (Schnitt $i-k$) gelangt das Sandgemenge in zwei hochgelegene Schleudermühlen. Diese Mühlen werfen den aufgelockerten Sand in einen unmittelbar unter ihnen angeordneten, zweiteiligen Behälter, der aus armiertem Beton besteht, innen und außen mit Zementglattstrich versehen und in zwei große Kammern eingeteilt ist. Jede Kammer hat vier mit Schiebern verschließbare und mit Ausläuferrinnen versehene Öffnungen von 500 × 600 mm lichter Weite, Abb. 206, durch die der Modellsand ausgezogen werden kann. Der abgeschrägte Boden des Behälters ist so hoch gelegt, daß Kippwagen unter die Auslaufrinnen fahren können. Das Fassungsvermögen des 8,5 × 1,9 m im Lichten messenden Behälters beträgt 45 cbm, also mehr als den halben Tagesbedarf.

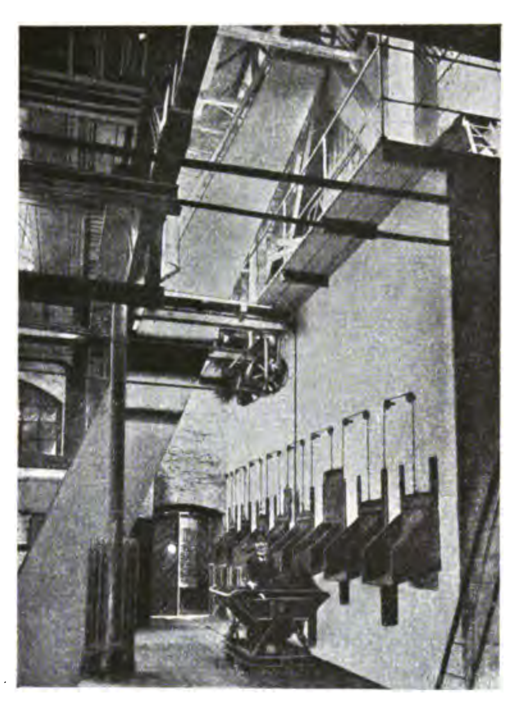


Abb. 206. Großer Elevator und Sandabgabeanlage.

Die beiden Schleudermaschinen werden von einem nur für sie arbeitenden 20 PS Motor angetrieben, der vollkommen staubsicher eingekapselt auf dem Betonbehälter gelagert ist.

Bemerkenswert sind die Abmessungen des 12 m langen Becherwerkes, das die Sandschleudern bedient. Es wurde schräg gestellt, um den Schienenweg zum Abfahren des Modellsandes zwischen der vorderen Wand des Betonbehälters und seinem eigenen Fußstücke frei zu halten. Abb. 206 läßt das Becherwerk, die mit Schiebern versehenen Auslaufrinnen des Betonbehälters und einen Kippwagen am Abfuhrgleise deutlich erkennen. Der Querschnitt des Becherwerkes beträgt 1150 × 700 mm, ist also recht beträchtlich. Die Becher — 85 Stück — sind 250 mm lang, 180 mm breit und fassen je 3,8 l. Sie hängen an zwei Evartketten aus Temperguß von 100 mm Gliedlänge und 66 mm Gliedbreite und werden mit 0,67 m/sec. Geschwindigkeit gehoben. Der Antrieb erfolgt durch ein Stirnradvorgelege am Kopfe des Becherwerkes und durch einen

Riemen von der Hauptwelle der Altsandgruppe aus. Der Motor dieser Gruppe leistet 30 PS. Die Hauptwelle der Neusandgruppe liegt zu der der Altsandgruppe senkrecht und wird von einem 50-PS-Motor angetrieben. An Stelle der 20-, 30- und 50-PS-Motoren würden zur Leistung der normalen Arbeit Motoren von 15, 20 und 40 PS genügt haben. Man verfügte aber gerade über die stärkeren Motoren und entschloß sich um so leichter, sie zu verwenden, als im Falle von Verstopfungen leicht Beanspruchungen auftreten können, die beträchtlich über das Normalmaß hinausgehen.

Große Sorgfalt wurde auf Erreichung möglichst staubfreier Arbeit der Anlage verwendet. Alle Siebtrommeln, Becherwerke, Förderbänder, Schüttelböden, Rutschen, Rinnen und die Kugelmühle sind mit starken

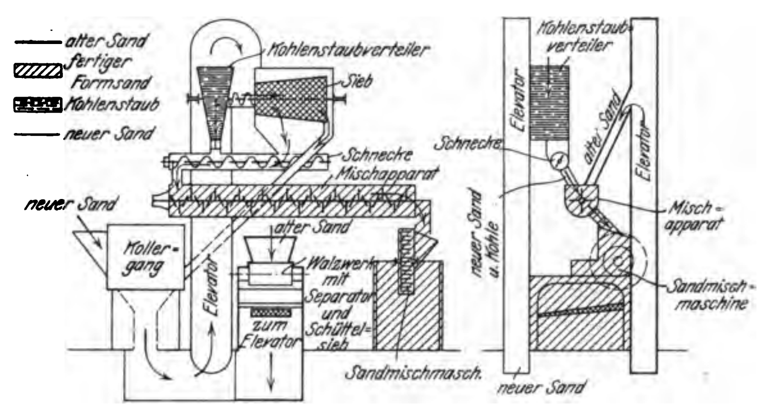


Abb. 207. Schema einer selbsttätigen Sandaufbereitung der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G. Hannover-Hainholz.

Blechmänteln eingekapselt. In die Verkapselungen sind Zugangsöffnungen und Deckel eingesetzt, und eine Anzahl Entlüftungsrohre führt teils feinen Staub, teils Wasserdampf über Dach ab. In der Trommelgrube für alten Sand (Vorsiebanlage) entwickelt sich reichlich Dampf, weil der aus der Gießerei kommende Altsand meist noch sehr warm und dämpfig ist. Auf den dicht abgedeckten Betonbehälter für den Fertigsand mußten Entlüftungsrohre gesetzt werden, um die durch die Schleudern hineingedrückte Luft entweichen zu lassen.

Der erzeugte Modellsand ist von bester Beschaffenheit und zeichnet sich durch weichen Griff, große Bildsamkeit und Zusammendrückbarkeit ganz besonders aus. Zur Herstellung des Tagesbedarfes von 80 cbm werden verwendet:

45 cbm	alter Sand	=	80,35%
8 ,,	neuer ,,	=	14,30%
3 ,,	Kohlenstaub	=	5,35%

insgesamt also 56 cbm Rohstoffe, die nach dem Mischen und Schleudern einen Raum von 80 cbm einnehmen, was einer Volumvermehrung von nahezu 43% entspricht.

Zur Bedienung der Anlage sind, abgesehen von der Anfuhr und Abfuhr, nur zwei Arbeitskräfte erforderlich: ein Mann, der als Vorarbeiter — es untersteht ihm die ganze Sandabteilung — die Verantwortung für die richtige Sandmischung trägt, und ein Schlosser, der die Lager schmiert und auch sonst die Anlage in Ordnung hält.

Ausführungen der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G., Hannover-Hainholz. Allgemeine Anordnung nach Abb. 207 [1]). Der neue Sand wird mit Kollergang und Trommelsieb, der alte Sand mit Walzwerk, Scheider und Schüttelsieb, die zu einer Maschine vereinigt sind, Abb. 208, aufbereitet. Die Abb. 209—211 zeigen eine Ausführung in mehreren Schnitten, während Abb. 212 einen allgemeinen Überblick gewährt. Die Anlage umfaßt einen Kollergang *a* zum Zerkleinern des neuen Sandes, der das gemahlene Gut durch die Rinne a_1 in das Becherwerk *g* austrägt. Aus dem Becherwerk gelangt der Sand in das Trommelsieb *b*, das den Abfall durch die Rinne *n* in den Kollergang gleiten läßt; das Durchgesiebte wird in der Tasche b_1 gesammelt, aus der es zur Förderschnecke *h* gelangt. Hier wird ihm durch eine Zuteilwalze aus dem Behälter *k* ständig Kohlenstaub zugeführt. Aus der Schnecke *h* gelangt das Neusand-Kohlenstaub-Gemisch in den Mischtrog *i*, dessen vierkantige Welle mit kräftigen Stahlguß-Mischflügeln besetzt ist. Der Altsand wird bei *c* der Walzen-Eisenabscheider-Schüttelsiebmaschine aufgegeben, um dann mittels des Becherwerkes *f* zum Neusand-Kohlenstaub-Gemisch in den Mischtrog *i* befördert zu werden. Dort erfolgt eine innige Mischung der drei Bestandteile, wobei sie allmählich zur Schleudermaschine *e* geschoben werden. Kurz vor dem Eintritt in die Schleudermaschine wird das Gemenge mittels einer



Abb. 208. Walzwerk, Magnetscheider und Schüttelsieb.

[1]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 699, Abb. 55.

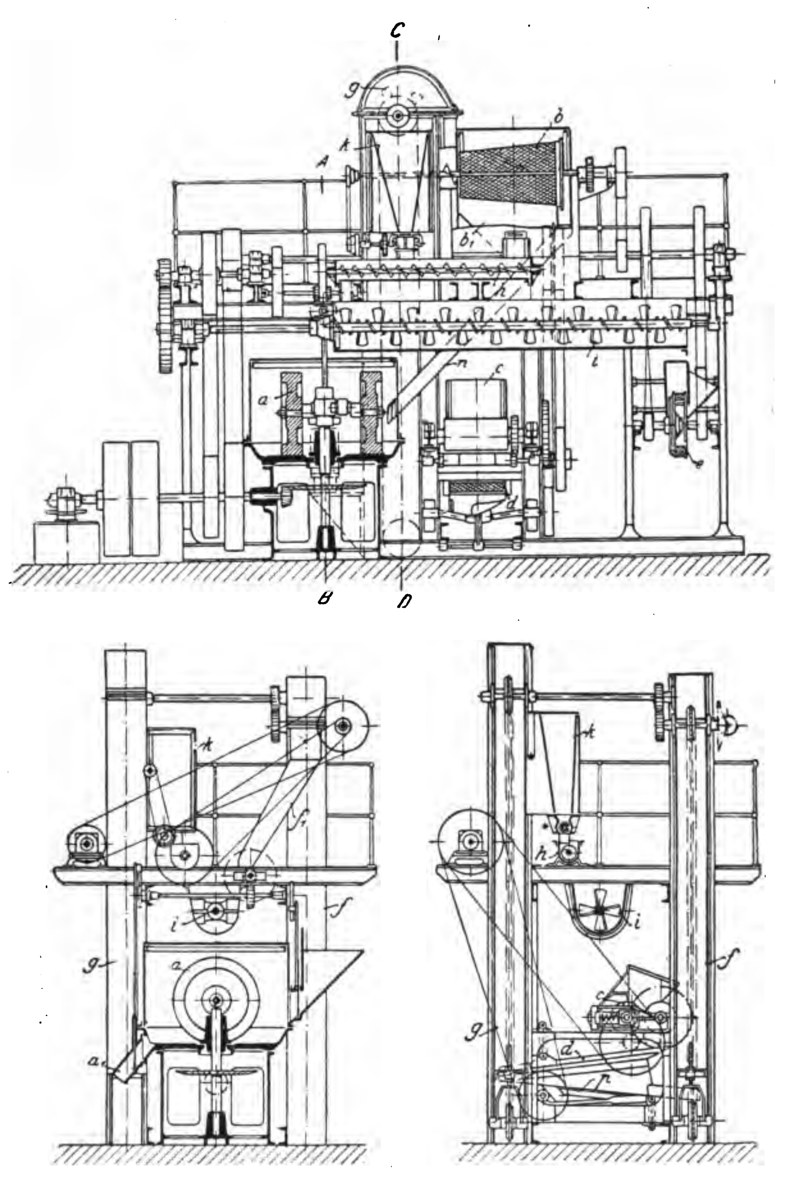


Abb. 209, 210 und 211. Sandaufbereitungsanlage der Vereinigten Maschinen- und Schmirgelfabrik A.-G.

Brause befeuchtet. Die Schleudermaschine liegt hoch genug, um den Sand unmittelbar in darunter geschobene Abfuhrgefäße schleudern zu können.

Aufbereitungen solcher Bauart nutzen eine gegebene Grundfläche in ausgezeichneter Weise aus. Sie sind aber nur bei sehr günstigen Sand-

verhältnissen zu empfehlen, weil das Mischungsverhältnis zwischen altem und neuem Formsand meist ziemlich ungleichmäßig wird; es hängt mangels aller Zwischenbehälter von der Genauigkeit ab, mit der die die Maschine bedienenden Arbeiter die beiden Sandsorten in die Empfangstrichter aufgeben. Ferner sind nicht alle Teile gleich gut zugänglich, wodurch es vorkommen kann, daß eine sonst belanglose Störung zu längerem Aufenthalt Anlaß gibt. Diesen Mängeln kann durch recht reichliche Bemessung der Leistungsfähigkeit begegnet werden, etwa so,

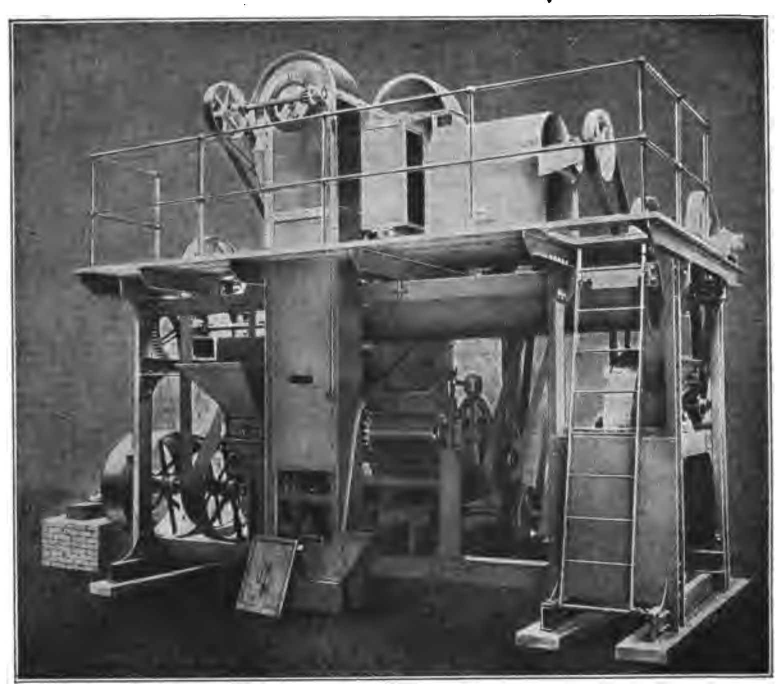


Abb. 212. Gesamtbild der Sandaufbereitungsanlage Abb. 209—211.

daß der Tagesbedarf schon am Beginn der Schicht in den ersten 3—4 Stunden aufgearbeitet werden kann. Tritt dann einmal eine Störung ein, so ist meist schon genug Formsand aufbereitet, um den ungestörten Formereibetrieb zu sichern. Während des übrigen Teiles der Schicht bleibt reichlich Zeit zur Reinigung und Instandhaltung des Apparates.

Für eine Anlage von 3 cbm stündlicher Leistung ist bei 4 m Höhe eine Bodenfläche von nur 14 qm erforderlich.

Eine durch das Ineinandergreifen der verschiedenen Aufbereitungselemente, durch ihre Gesamtanordnung und trefflichen Fördereinrichtungen für den Alt- und Fertigsand gleich mustergültige Anlage

ist in den Abb. 213 bis 220[1]) in mehreren Grundrisse nund Schnitten wiedergegeben. Dem planlegenden Ingenieur oblag die Aufgabe, den Sand (etwa 70 cbm) nach dem Entleeren der abgegossenen Formen unter äußerster Einschränkung jeder Handarbeit aus der Gießerei zu entfernen, ihn mechanisch aufzubereiten und dann mit möglichster Ausschaltung aller Handarbeit den Formmaschinen wieder zuzuführen. Der Platz für die Neuanlage lag um 5—7 m tiefer als die übrige Fabrikanlage und mußte um dieses Maß aufgeschüttet werden. Unterhalb der Maschinenformerei wurde ein Kellerraum ausgespart, in dem ungefähr in der Längsachse der Gießhalle in einer Reihe 7 Behälter zur Aufnahme des alten Formsandes untergebracht wurden. Unter den Behältern wurde ein Schaufelförderer (s. a. Abb. 169/70, S. 178) eingebaut, der den Sand in die Aufbereitungsanlage fördert. Diese ist im vorderen, vertieft angelegten Kellerraum untergebracht und zweigeschossig ausgeführt.

Die Aufbereitungsanlage hat dreierlei Aufgaben zu erfüllen:

1. täglich den ganzen in der Maschinenformerei verarbeiteten Formsand aufzubereiten,
2. den Modellsand für die Handformerei zu liefern und
3. den täglichen Kernsandbedarf zu decken.

Die Formmaschinen sind in zwei Reihen von 16 m Abstand aufgestellt; jede Reihe hat eine eigene Aufbereitungs- und Förderanlage, der gebrauchte Sand wird von beiden Reihen gemeinsam abgeführt. Man arbeitet nur mit einer Sandsorte, die täglich nach dem Gebrauche zerkleinert, gesiebt, mit frischem Kohlenstaub vermengt, angefeuchtet und aufgelockert werden muß. Alle 4—5 Tage wird zur Auffrischung gemahlener Neusand zugesetzt, der aus 3—4 Sorten Grubensand zusammengemischt wird.

Die Behälter für den alten Sand sind gegen die Gießerei mit Rosten abgeschlossen, die alle gröberen Verunreinigungen, Eingüsse, Steiger u. ä., zurückhalten. Große Sandknollen werden vor dem Einwerfen zerdrückt. Den unteren Abschluß der kegelig auslaufenden Behälter bilden Aufgabeschieber, die durch das Gestänge des Schaufelförderers betätigt werden (Abb. 169, S. 178). Abb. 213a u. b, 219 läßt die in einer Reihe aufgestellten sieben Behälter *a* mit dem darunter tätigen 44 m langen Schaufelförderer *b* deutlich erkennen. In der Nähe der Antriebsvorrichtung des Schaufelförderers befindet sich der Auslauf, durch den der Sand in das Walzwerk *c* (Abb. 213b, 214b) gelangt. Zur Vermeidung einer stoßweisen Aufgabe ist auch hier ein Schüttelboden eingebaut, der bei 250 Uml./min. eine gleichmäßige Zuführung gewährleistet.

[1]) Nach H. Behrens, Z. Ver. deutsch. Ing. 1914, S. 161—170. Die Anlage wurde von den Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken, A.-G. in Hannover-Hainholz, ausgeführt.

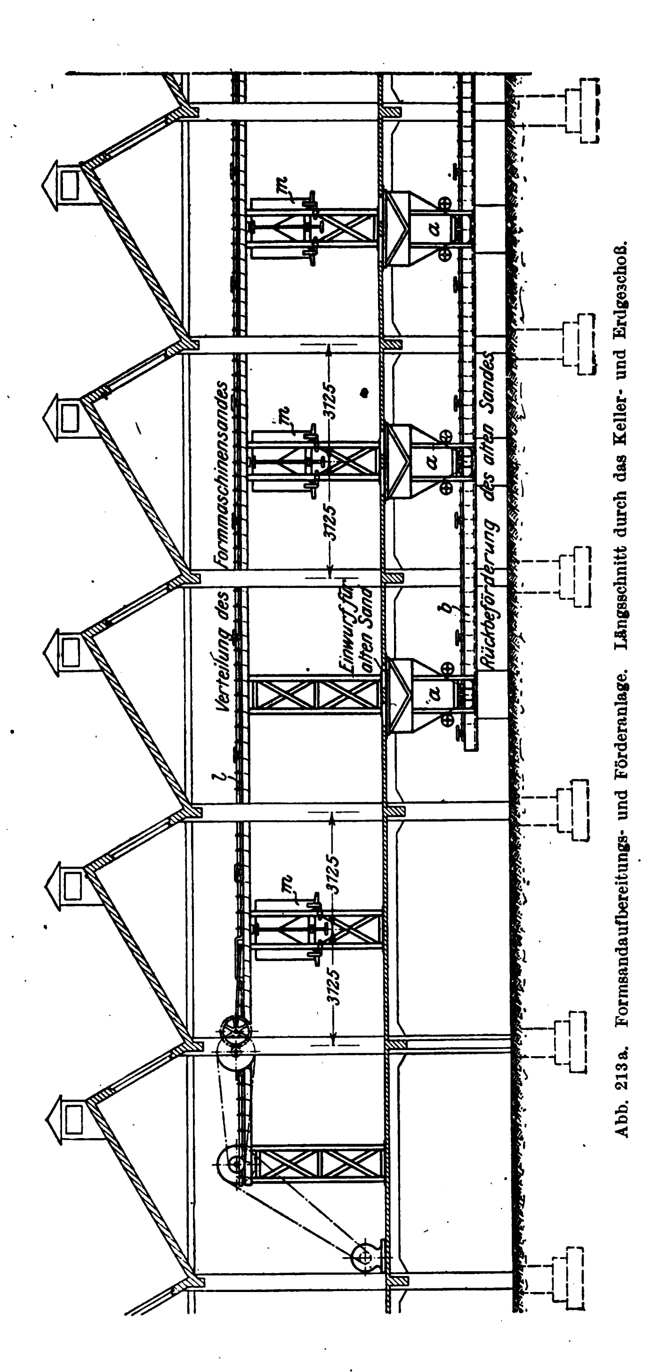


Abb. 213a. Formsandaufbereitungs- und Förderanlage. Längsschnitt durch das Keller- und Erdgeschoß.

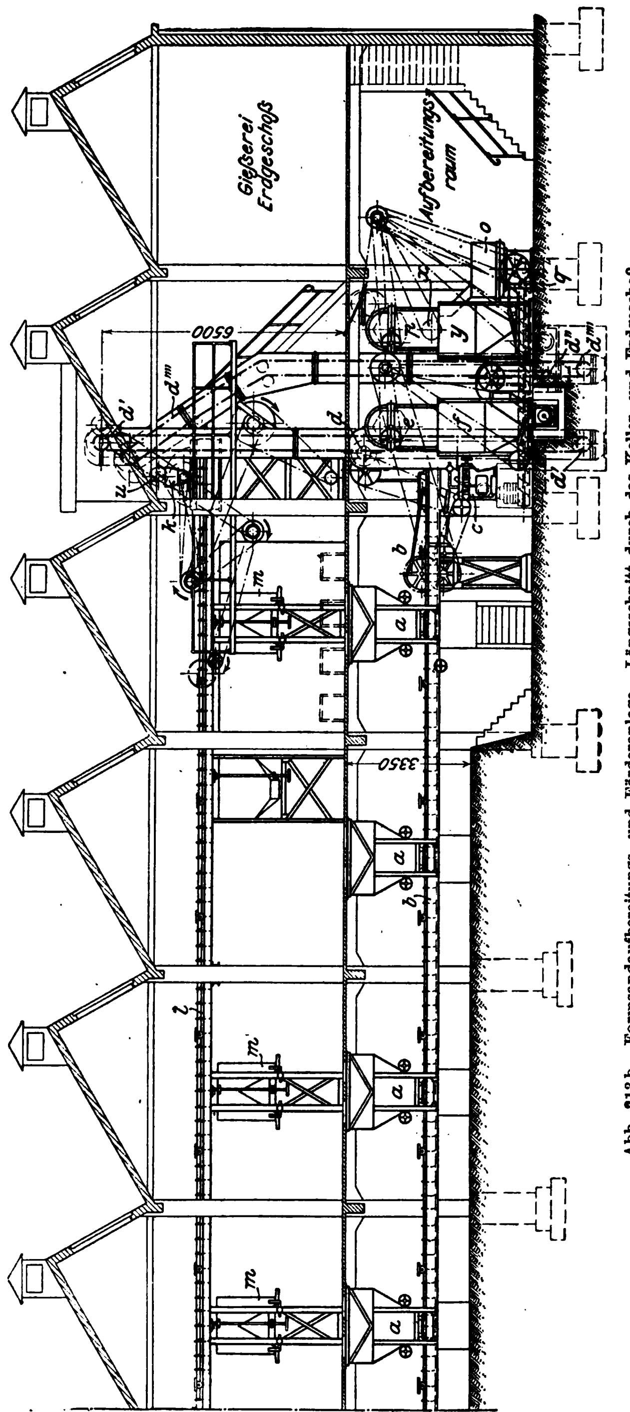


Abb. 213 b. Formsandaufbereitungs- und Förderanlage. Längsschnitt durch das Keller- und Erdgeschoß.

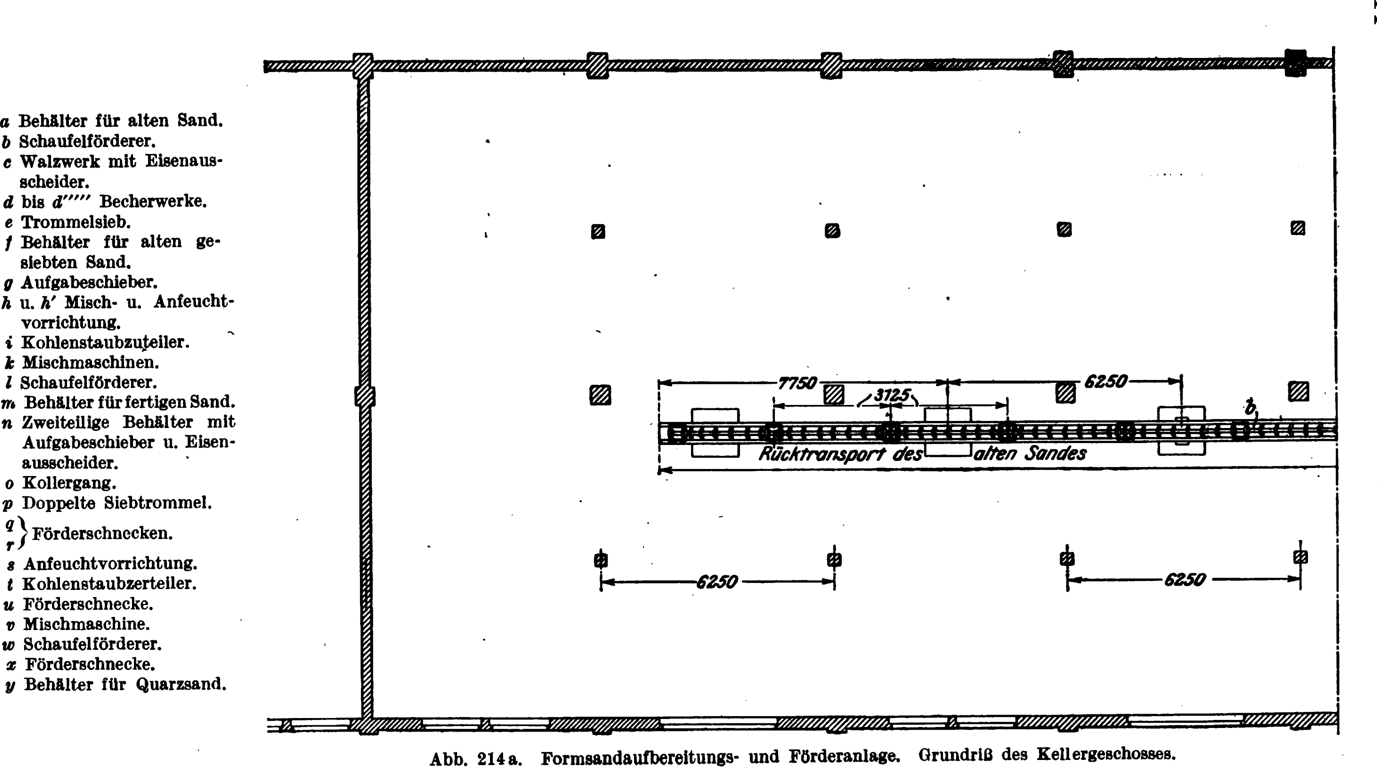


Abb. 214a. Formsandaufbereitungs- und Förderanlage. Grundriß des Kellergeschosses.

a Behälter für alten Sand.
b Schaufelförderer.
c Walzwerk mit Eisenausscheider.
d bis *d'''''* Becherwerke.
e Trommelsieb.
f Behälter für alten gesiebten Sand.
g Aufgabeschieber.
h u. *h'* Misch- u. Anfeuchtvorrichtung.
i Kohlenstaubzuteiler.
k Mischmaschinen.
l Schaufelförderer.
m Behälter für fertigen Sand.
n Zweiteilige Behälter mit Aufgabeschieber u. Eisenausscheider.
o Kollergang.
p Doppelte Siebtrommel.
q, *r* Förderschnecken.
s Anfeuchtvorrichtung.
t Kohlenstaubzerteiler.
u Förderschnecke.
v Mischmaschine.
w Schaufelförderer.
x Förderschnecke.
y Behälter für Quarzsand.

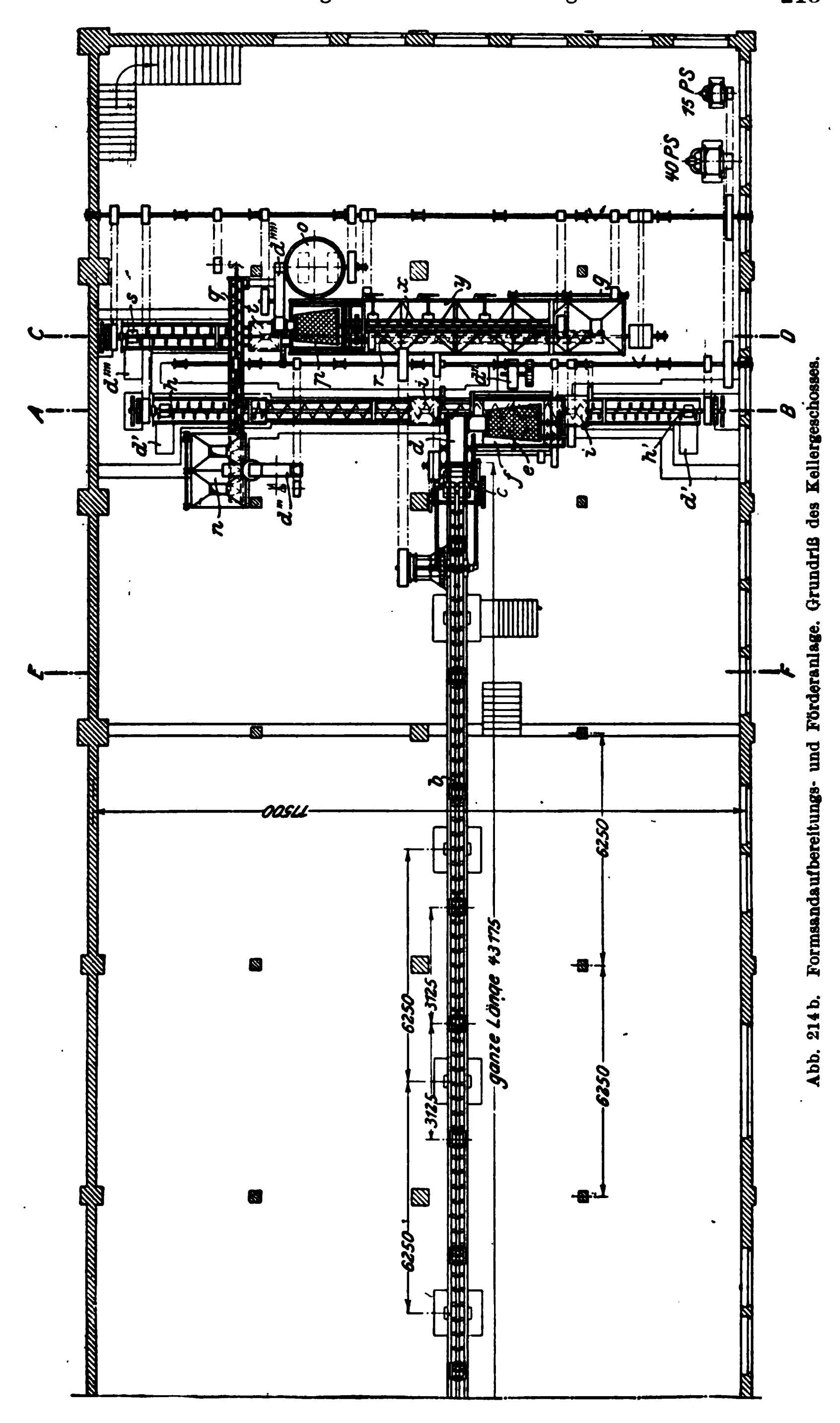


Abb. 214 b. Formsandaufbereitungs- und Förderanlage. Grundriß des Kellergeschosses.

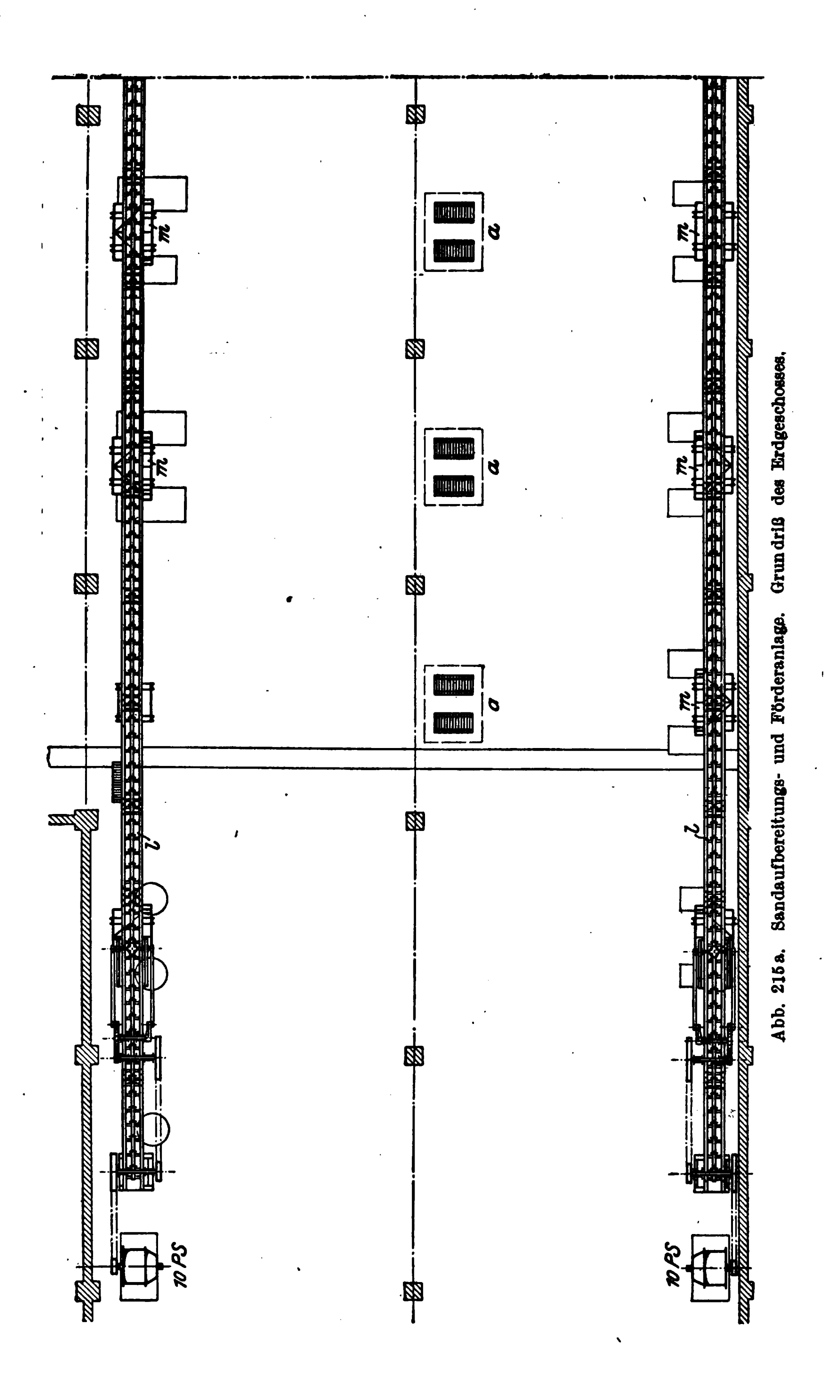


Abb. 215 a. Sandaufbereitungs- und Förderanlage. Grundriß des Erdgeschosses.

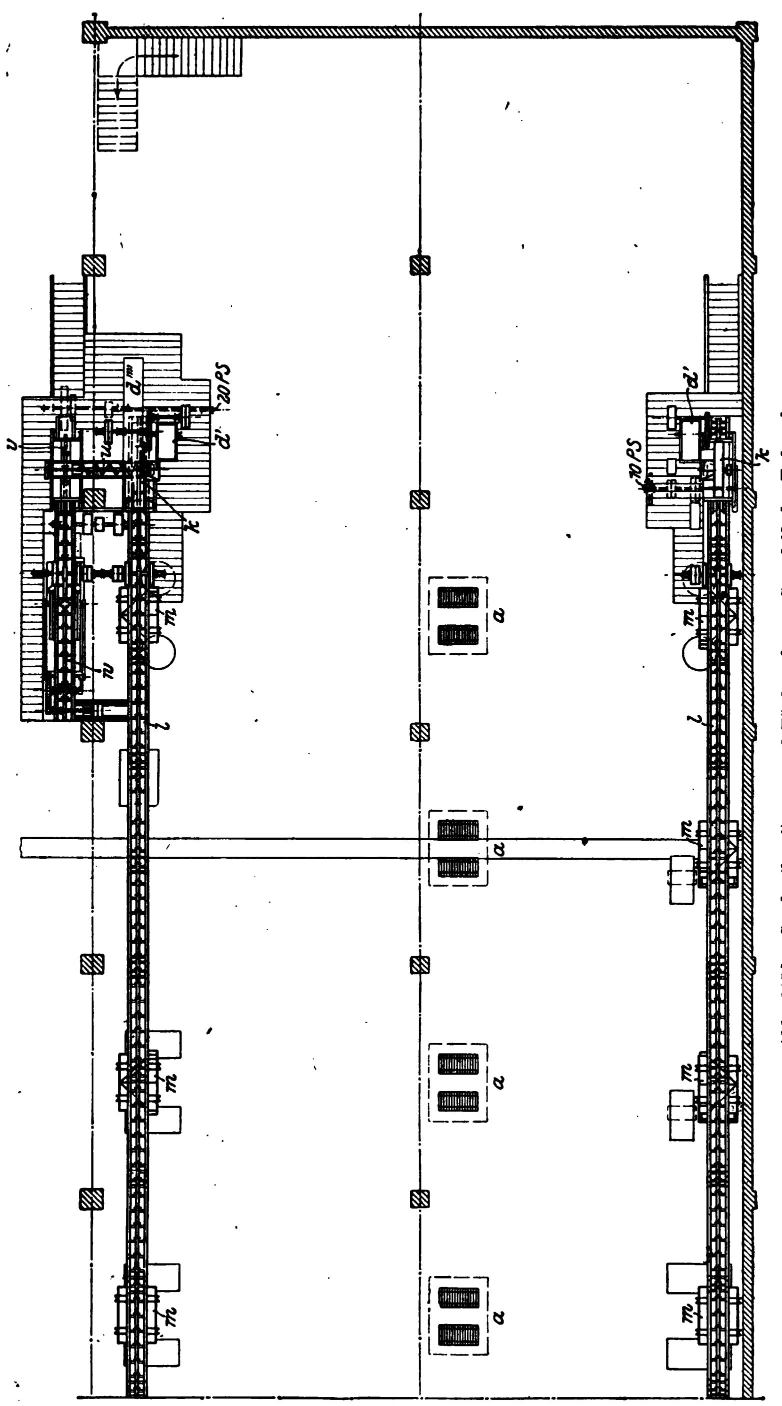


Abb. 215 b. Sandaufbereitungs- und Förderanlage. Grundriß des Erdgeschosses.

Das Walzwerk gibt den zerdrückten Sand an einen Eisenabscheider (Abb. 208, S. 208 und allgemeine Anordnung Abb. 207, S. 207) weiter, dessen Messingtrommel mit 30 Umdrehungen in der Minute läuft. Der von allen Eisenteilen befreite Sand wird vom Becherwerk *d* in das Trommelsieb *e* (Abb. 213b, 214b u. 217) gehoben, das ihn siebt und von weiteren Unreinigkeiten säubert. Unter dem Trommelsieb *e* befindet sich ein Behälter *f* von 2500 mm Höhe, 1500 mm Breite und 2000 mm Länge, der hauptsächlich zum Ausgleich unregelmäßiger Sandzufuhren aus den Behältern *a* dient. Aus dem gleich den Behältern *a* mit Aufgabeschiebern versehenen Behälter *f* gelangt der gesiebte Sand in zwei Förderschnecken, die gleiche

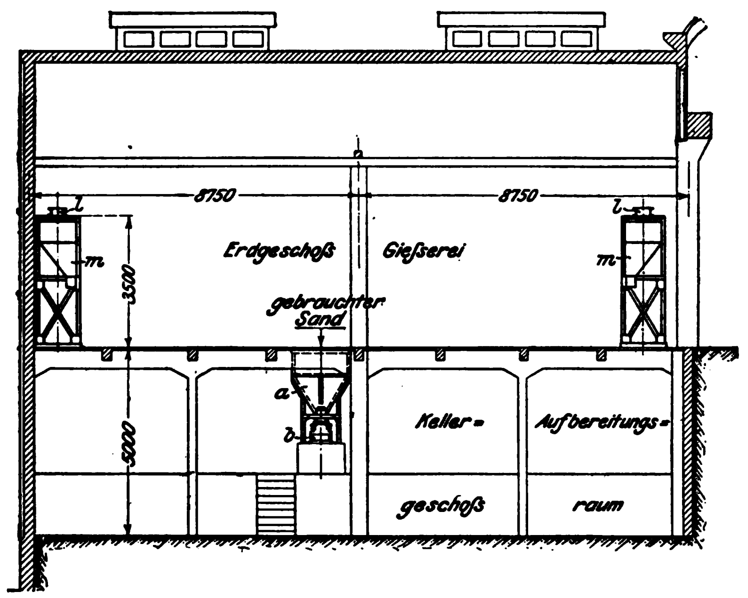


Abb. 216. Schnitt *A—B* aus Abb. 214b.

Achsenrichtung haben, aber nach entgegengesetzten Seiten arbeiten. Sie bilden mit den angeschlossenen Meng- und Anfeuchtvorrichtungen *h* und *h'* die Verbindung zwischen der Altsandzuführung und den zwei an beiden Seiten des Aufbereitungsraumes untergebrachten Maschinengruppen zur Fertigaufbereitung. Über den Förderschnecken stehen zu beiden Seiten des Behälters *f* Kohlenstaubzuteiler *i*, die mittels regelbarer Walzen dem Sande Steinkohlenstaub zusetzen. Die an die Förderschnecken anschließenden Mischtröge *h* und *h'* (s. a. Abb. 128 u. 128a, S. 149) sind mit Brausen versehen, aus deren regelbaren Düsen sich vollständig zerstäubtes Wasser über das Sandgemenge ergießt. Am Ende der Mischtröge fällt der befeuchtete Sand in die Becherwerke *d'*, um in die Schleudermaschinen *k* gebracht zu werden, aus denen er unmittel-

bar in die Schaufelförderer *l* fällt, die ihn in die Behälter *m* für fertigen Sand bringen. Jeder Schaufelförderer wird durch einen Elektromotor von 10 PS Leistungsfähigkeit bedient; bei voller Belastung beträgt der Kraftbedarf 6 bis 7 PS.

Abb. 220 gewährt einen Überblick über die gesamte Förderanlage für fertigen Sand nebst den Behältern, aus denen er den Formmaschinen zugeführt wird. Über jedem Behälter befindet sich im Boden des Schaufelförderers ein Auslauf mit Regelschieber, der vom Boden aus mittels eines Handrades geöffnet und geschlossen werden kann. Wird mehr

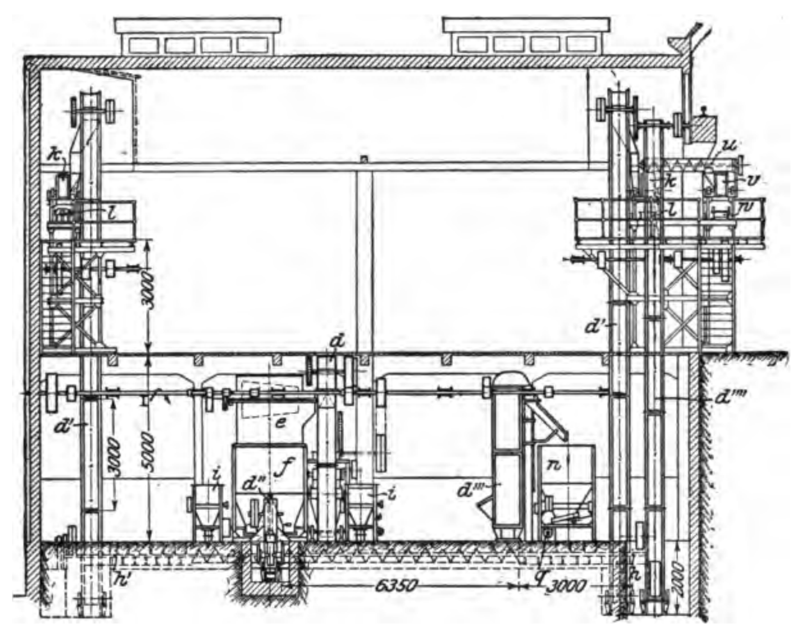


Abb. 217. Schnitt *C—D* aus Abb. 214b.

Sand gefördert, als sämtliche Behälter fassen können, so läuft der Überschuß an den Enden der Schaufelförderer über und sammelt sich am Boden an, um dort von den Handformern geholt zu werden.

Die Schaufelförderer ruhen hauptsächlich auf den Vorratbehältern *m*, nur die Enden stützen sich auf die Gestelle der Mischmaschinen. Die Antriebsstellen lagern auf besonderen schmiedeeisernen Gestellen. Die Antriebsmotoren stehen am Fußboden (einfache Wartung!) und treiben mittels Riemen Zwischenvorgelege, von denen aus die Kurbelwellen der Gestänge durch je einen weiteren Riemenzug und ein Stirnräderpaar betätigt werden.

Abb. 221 zeigt die Anlage zur Aufbereitung des n e u e n Sandes. Er wird in einer Trockenanlage, die zwischen dem Sandlager im erhöhten

Teil des Kellergeschosses und dem Aufbereitungsraum liegt, getrocknet. Die Trockenvorrichtung besteht aus einer Eisenbetonkammer mit einem Boden aus Eisenplatten, der durch Heizkanäle aus Formeisen geheizt wird, in die die Abgase der Kerntrockenöfen mittels eines Ventilators gedrückt werden. Die Bedienung der Trockenanlage, in der der Sand in einer 80 bis 100 mm hohen Schicht ausgebreitet wird, geschieht von Hand; sobald aber der Sand getrocknet ist, wird er gleich dem Altsande nur mehr mechanisch weiter behandelt. Ein Mann schaufelt ihn in das Mundstück des Becherwerkes *d‴*, durch das er in den Behälter *n* (Abb. 217) gefördert wird. Durch einen regelbaren Aufgabeschieber am Fuße gelangt er mittels der Schnecke *q* und des Becherwerkes *d′′′′′* in die Siebtrommel *p*, die das Grobe zum Kollergang, das Feine in die

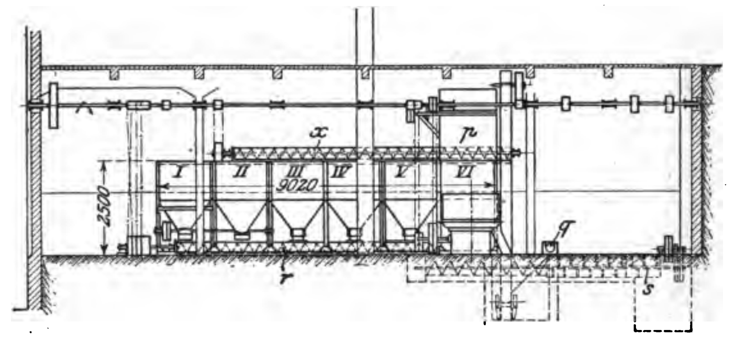


Abb. 218. Schnitt *E—F* aus Abb. 214 b.
I bis *IV* Bunker für: *I* Sägemehl, *II* Kernsand, *III*, *IV*, *V* neuer Sand, *VI* alter Sand.

Förderschnecke *x* (Abb. 213 b u. 214 b) gleiten läßt. Das im Kollergang *o* zerkleinerte Grobe kehrt über das Becherwerk *d′′′′′* in die Siebtrommel zurück. Der feine Sand wird durch die Schnecke *x* in die Abteilungen eines mehrgliedrigen Behälters verteilt; zu dem Zwecke befindet sich oberhalb jeder Abteilung ein Auslauf, der vom Boden aus durch einen Hebel geöffnet und geschlossen werden kann. Durch diese Gliederung des Behälters wird es möglich, verschiedene Rohsandsorten gesondert zu behandeln und aufzubewahren. Die Abteilungen des Behälters haben regelbare Ausläufe, die auf die Schnecke *r* münden (Abb. 214 b). Da der Auslauf jeder Abteilung geschlossen oder beliebig weit geöffnet werden kann, hat man es in der Hand, der Schnecke jede beliebige Mischung aus den vorhandenen Sandsorten zuzuführen. Die Schnecke *r* arbeitet zur Auffrischung des Formmaschinensandes in der Richtung zum Becherwerk *d′*, das mit einem zweiteiligen Auslauf versehen ist und das Fördergut an die Förderschnecken der Misch- und Anfeuchttröge *h*, *h′* oder, je nach Einstellung einer Klappe, nur an einen Mischtrog allein, abgibt.

Herstellung von Modellsand für die Handformerei. Der Neusand wird mit den Maschinen bearbeitet, die zur Aufbereitung des Zusatz- (Auffrisch-) sandes für den Formmaschinensand betätigt werden. Um das zu ermöglichen, hat man einige bemerkenswerte Sondereinrichtungen vorgesehen, nämlich eine doppelte Siebtrommel *p*, durch deren äußere, mit einem Sieb von 3 mm Maschenweite bezogene Trommel der alte Sand geht, während der neue durch die innere, mit einem feinen Siebgewebe bespannte Trommel geführt wird. Zum Umstellen dient ein Drehschieber auf dem Schneckeneinlauf, so daß der Sand entweder am Ende des Einlaufes in die innere kürzere Trommel oder durch einen



Abb. 219. Sandbehälter für Altsand mit darunter angeordnetem Schaufelförderer. *a* Sandbehälter, *b* Schaufelförderer.

vor dem Auslauf angebrachten Ausschnitt in die äußere Trommel gelangt. Unmittelbar unter dem Siebwerk ist ein Behälter für gebrauchten Formsand untergebracht, in den der gesiebte Sand gleitet, ohne erst die Verteilschnecke *x* zu durchlaufen; die Schnecke wird durch eine Umstellklappe abgedeckt, die gleichzeitig den Boden des Siebgehäuses schließt oder öffnet. Zur Vermeidung von Verwechselungen beim Umschalten ist der Drehschieber am Schneckeneinlauf des Trommelsiebes mit der Umstellklappe durch ein Gestänge gekuppelt, das vom Boden aus durch einen Seilzug betätigt werden kann. Der gebrauchte Sand, der zu Modellsand verarbeitet werden soll, wird von der Gießerei aus durch eine Rutsche in eine Abteilung des Behälters *n* (Abb. 217) und

von dort durch einen Aufgabeschieber unter Zwischenschaltung einer magnetischen Scheidetrommel zur Förderschnecke *g* gebracht.

Während der Herstellung von Modellsand kann der Formmaschinensand nicht mit neuem Sand aufgefrischt werden, weil dabei die Förderschnecke *r*, in der die verschiedenen Neusandsorten gemischt werden, mit der Maschinengruppe für Modellsand zusammen arbeiten muß; die Neusandsorten sind für beide Fälle gleich, nur ihre Mischung ist verschieden. Die Förderschnecke *r* ist für zwei Förderrichtungen eingerichtet. Zur Herstellung von Formmaschinensand arbeitet sie in der Richtung zum Becherwerk *d''*, für Modellsand nach der entgegengesetzten Seite, zur Zuführungsschnecke der Meng- und Anfeuchtvor-



Abb. 220. Förderanlage und Behälter für Fertigsand.

richtung *s*. Diese reicht bis unter den Behälter für gesiebten alten Sand, der durch einen Aufgabeschieber unmittelbar in die Schnecke gelangt, während der gemischte neue Sand kurz vorher zugeführt wird. Das Mischverhältnis wird, ebenso wie bei der Aufbereitung des Formmaschinensandes, durch die Regelschieber an den einzelnen Behälterabteilungen eingestellt. Neben dem Behälter *y* für gesiebten alten Sand (Abb. 213b, 214b) steht oberhalb der Verlängerungsschnecke des Mischtroges *s* ein Kohlenstaubzuteiler *t* (Abb. 214b). Der alte und der neue Sand werden in trockenem Zustande mit dem Kohlenstaub gemischt und erst in 2 m Entfernung vom Auslauf durch eine regelbare Düse angefeuchtet. Das befeuchtete Sandgemenge gelangt dann durch das Becherwerk *d''''* in die Schnecke *u* (Abb. 213b, 214b u. 217), die es zur seitlich aufgestellten Schleudermaschine *v* befördert. Unterhalb der Mischmaschine

ist ein 8 m langer Schaufelförderer eingebaut, der den fertigen Modellsand in einen Behälter mit 3 Abteilungen bringt. Die Regelschieber für jede Abteilung werden von einem am Behälter entlang geführten Steg aus bedient. Die Entnahme aus dem Behälter erfolgt durch Auslaßöffnungen in untergestellte Fördergefäße.

Herstellung von Kernsand. Der Kernsand wird mit den gleichen Maschinen und fast in der gleichen Weise wie der Modellsand für die Handformerei hergestellt. Er besteht überwiegend aus Quarzsand, dem etwas Fettsand und gesiebte Sägespäne beigemengt werden. Eine der sechs Abteilungen des Behälters y wird mit Quarzsand gefüllt, der

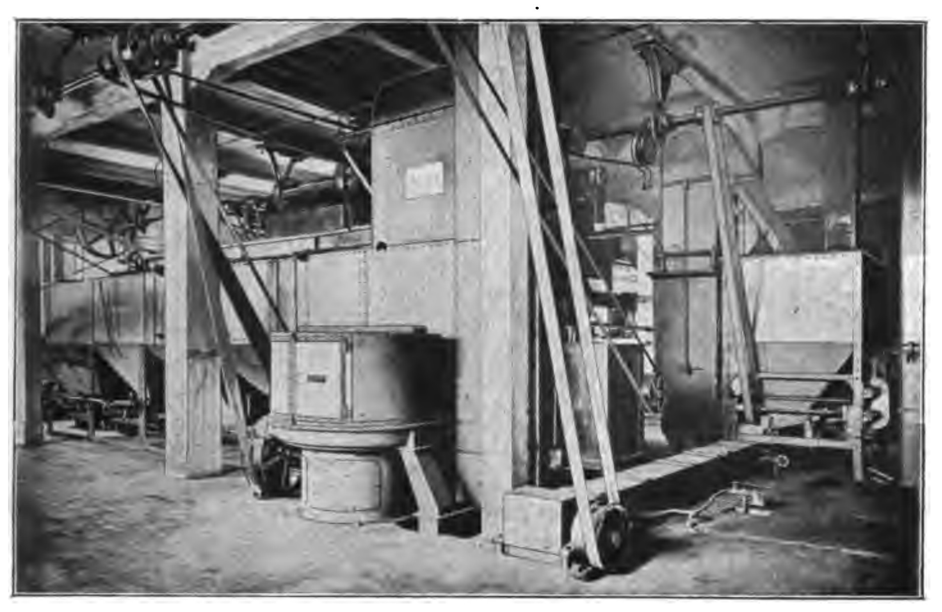


Abb. 221. Abteilung zur Aufbereitung des Neusandes.

unter Ausschaltung des Trommelsiebes p durch das Becherwerk d''''' und die Schnecke x gefördert wird. Zu dem Zwecke ist unter dem Schneckeneinlauf des Siebes ein Abfallschacht eingebaut, der in die Schnecke x mündet und durch einen vom Boden aus bedienbaren Schieber zu verschließen ist. Wird der Schieber aufgezogen, so fällt der Sand unmittelbar in die Schnecke, die ihn an das entgegengesetzte Ende des Behälters y zum letzten Abteil bringt. Der fertige Kernsand sammelt sich in einem besonderen Behälter an, aus dem er mittels Karren in die Kernmacherei gebracht wird.

Der Antrieb der Anlage erfolgt durch 6 Elektromotoren von zusammen 105 PS. Im Kellergeschoß treibt ein 40-PS-Motor die Maschinen der Altsandzuführung, einen Mischtrog, zwei Kohlenstaubzuteiler und

die Becherwerke d'' und d''', ein 15-PS-Motor die Maschinen zum Mahlen des Neusandes, zwei Mischtröge und einen Kohlenstaubzuteiler. In der Maschinenformerei treibt ein 10-PS-Motor die Mischmaschine der linksseitigen Anlage mit dem zugehörigen Becherwerk, ein 20-PS-Motor zwei Mischmaschinen, zwei Becherwerke, eine Schnecke und einen Schaufelförderer der rechtsseitigen Anlage, zwei 10-PS-Motoren je einen Schaufelförderer. Zur Erregung der beiden Magnetwalzen ist eine kleine Gleichstromdynamo in Tätigkeit. Alle in Gruppen angetriebenen Maschinen haben feste und lose Scheiben und können nötigenfalls einzeln benutzt werden. Beim Stillsetzen der Anlage werden alle Antriebriemen auf die losen Scheiben gebracht, damit die Drehstrommotoren beim Anlassen nur die leeren Wellen zu treiben haben.

Der Kraftbedarf beträgt bei voller Belastung rund 66 kW, im Durchschnitt 60 kW, und bleibt somit um 20 bis 30% hinter der verfügbaren Motorenstärke zurück.

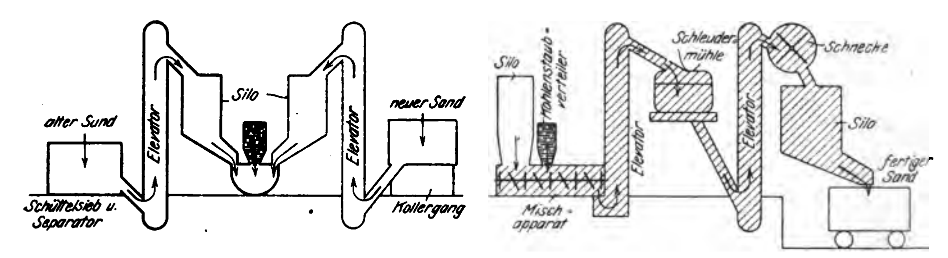


Abb. 222. Schema einer Sandaufbereitung der Maschinenbauanstalt Humboldt, A.-G. Der Weg des neuen Sandes ist durch feine Linien, der Weg des alten Sandes durch starke Linien, der des Kohlenstaubes durch wagerechte Strichelung und der des gemischten Sandes durch schräge Strichelung gekennzeichnet.

Die meisten Maschinen, insbesondere diejenigen, die zum Einstellen der Sandmischungen dienen, liegen zu ebener Erde. Die hochstehenden Maschinen sind mit Bühnen umgeben, auf die bequeme Treppen führen. Auf diese Weise wird eine einfache Bedienung und Wartung der Anlage gewährleistet. Hauptsächlich bedürfen die Misch- und Anfeuchtvorrichtungen dauernder Aufmerksamkeit. Sie neigen infolge der Wasserzuführung zur Bildung von Sandkrusten am Boden der Tröge. Diese Kruste muß nach jeder Schicht abgelöst werden, sonst wird sie steinhart und führt zu einer nutzlosen Steigerung des Kraftaufwandes und vorzeitiger Abnutzung der Schaufeln. Zur Reinigung der Tröge werden besonders geformte Schaufeln benutzt, mit denen die Arbeit in wenigen Minuten erledigt werden kann.

Für gewöhnlich sind zur Bedienung der Anlage nur 3 Mann erforderlich, ein Maschinist, um die Maschinen anzulassen und zu überwachen, ein Arbeiter, der die Gruppe der Altsandzuführung regelt, und ein Arbeiter, der das Mahlen des neuen Sandes überwacht. Die Anlage ist

täglich nur 6—7 Stunden im Betriebe, so daß genügend Zeit zu ihrer Instandhaltung übrigbleibt.

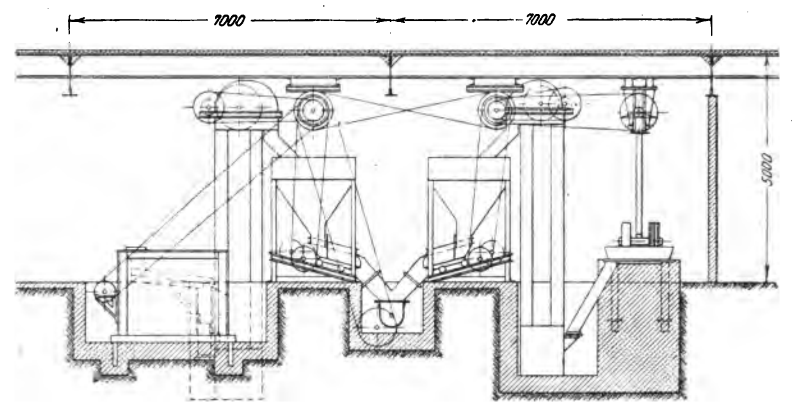


Abb. 223. Schnitt durch die beiden Zwischenbehälter der Anlage Abb. 224.

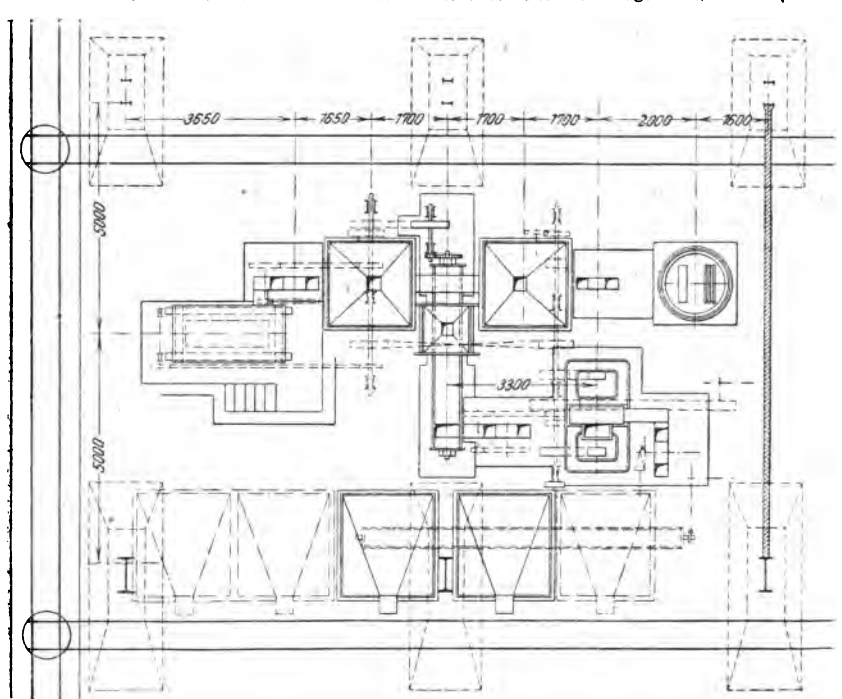


Abb. 224. Grundriß einer Sandaufbereitungsanlage für Naßsand der Maschinenfabrik Humboldt.

Ausführung der Maschinenbauanstalt Humboldt, A.-G., in Kalk bei Köln. Allgemeine Anordnung Abb. 222 [1]), gekennzeichnet

[1]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 893.

hauptsächlich dadurch, daß der neue Sand ungetrocknet verarbeitet wird. Die Abb. 223 bis 227[1]) lassen die räumliche Anordnung einer ausgeführten Anlage erkennen, die durch Einfachheit, Übersichtlichkeit und gute Zugänglichkeit aller Maschinenelemente bemerkenswert ist

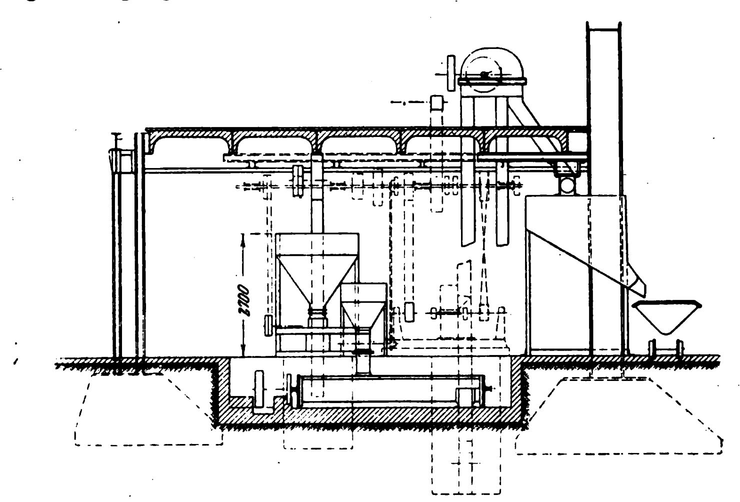


Abb. 225. Schnitt durch den Mischtrog der Abb. 224.

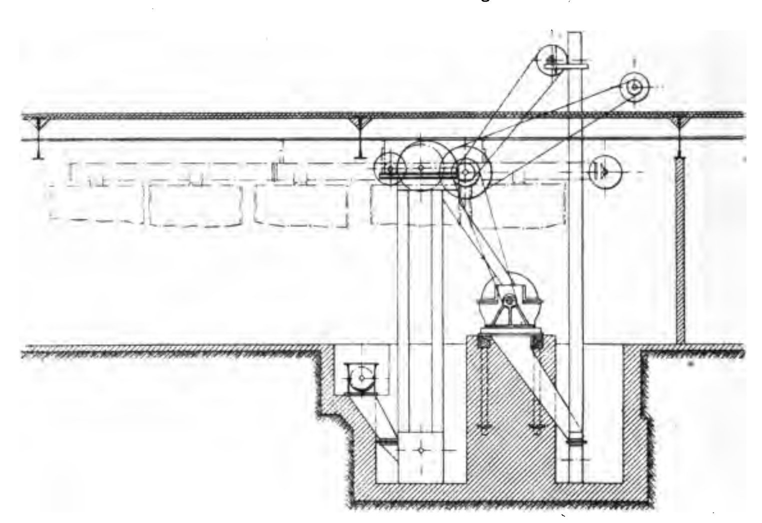


Abb. 226. Schnitt durch die Schleudermaschine der Abb. 224.

Der alte Sand wird auf ein Schüttelsieb gebracht, das auf einen magnetischen Eisenabscheider arbeitet, aus dem der gereinigte Sand durch ein Becherwerk in einen Zwischenbehälter gelangt. Der sich

[1]) Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 894/5.

nach unten trichterförmig verjüngende Behälter ist mit einem Sandzuteiler und Aufgabeschuh ausgestattet, Abb. 204 (s. a. Abb. 131/33, S. 152/53), der den Sand in geregelter Menge einem Mischtrog zuführt.

Der neue Sand geht über einen Kollergang mit Siebwerk und Rücklauf des Groben zum Mundstück eines Becherwerkes, aus dem er in einen Zwischenbehälter gelangt (der gegenüber dem Behälter für den Altsand steht) um gleich dem Altsande mittels Sandzuteiler und Aufgabeschuh in den Mischtrog geschafft zu werden. Zwischen dem Alt- und Neusandbehälter ist ein Kohlenstaubbehälter über dem Mischtroge angeordnet (Abb. 224 und 225), aus dem dem Sandgemenge mittels einer Speisewalze Kohlenstaub zugeführt wird.



Abb. 227. Blick in eine mit Aufgebeschuh ausgestattete Naßsandaufbereitungsanlage, Bauart Maschinenbauanstalt Humboldt, A.-G.

Die Mischschnecke fördert den gemischten Sand in ein Becherwerk, aus dem er über eine Schleudermaschine in den Lagerbehälter gelangt. Im angeführten Beispiele ist zwischen dem Becherwerke und dem Endbehälter eine Verteilungsrinne eingeschaltet, die mittels einer Zuteilvorrichtung verschiedene Behälter speist. Diese Anordnung ist notwendig, wenn Sand- und Massegemische von verschiedener Zusammensetzung nacheinander hergestellt werden. Weitere Einzelheiten sind den Abb. 225 und 226 zu entnehmen, während Abb. 227 einen Blick in eine solche Anlage wiedergibt und insbesondere die Zuteilungsvorrichtung veranschaulicht.

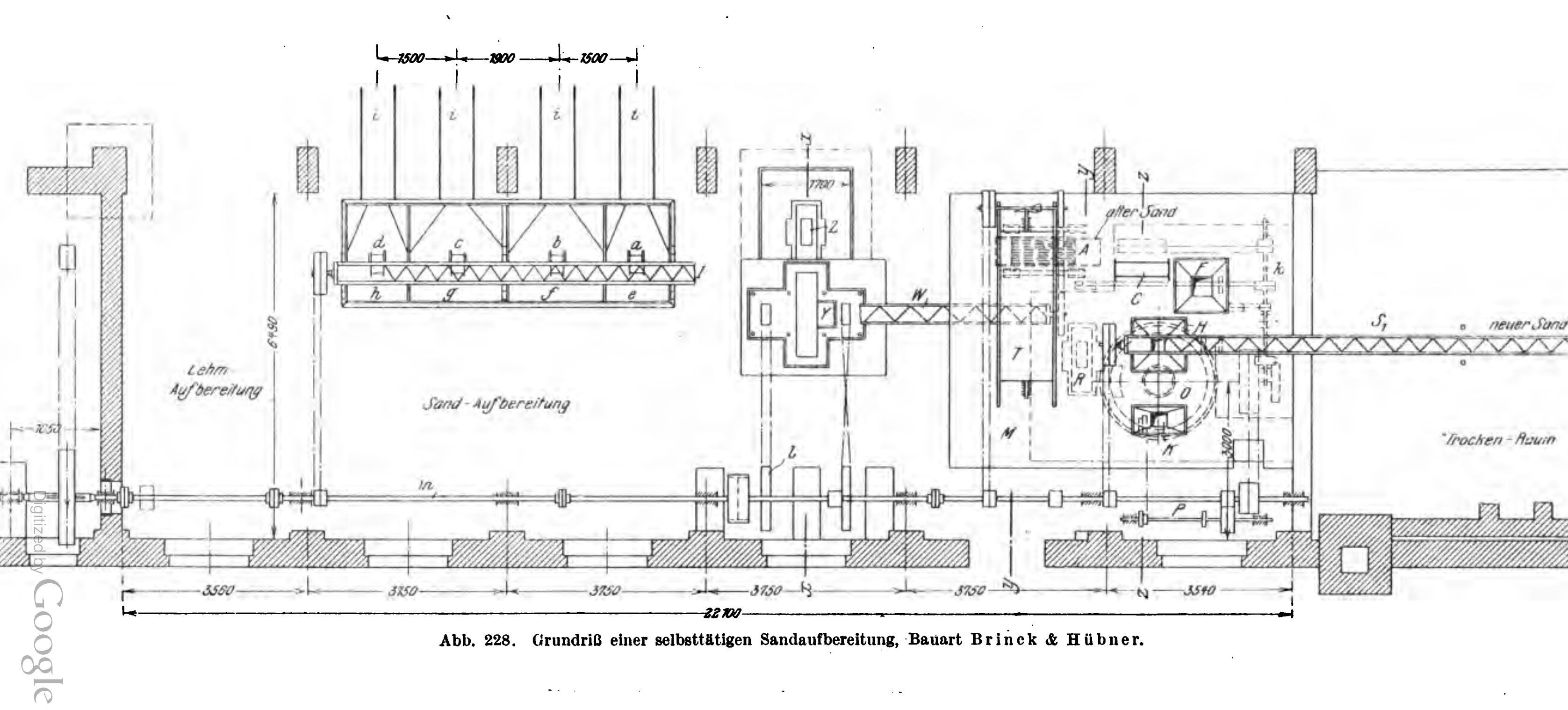


Abb. 228. Grundriß einer selbsttätigen Sandaufbereitung, Bauart Brinck & Hübner.

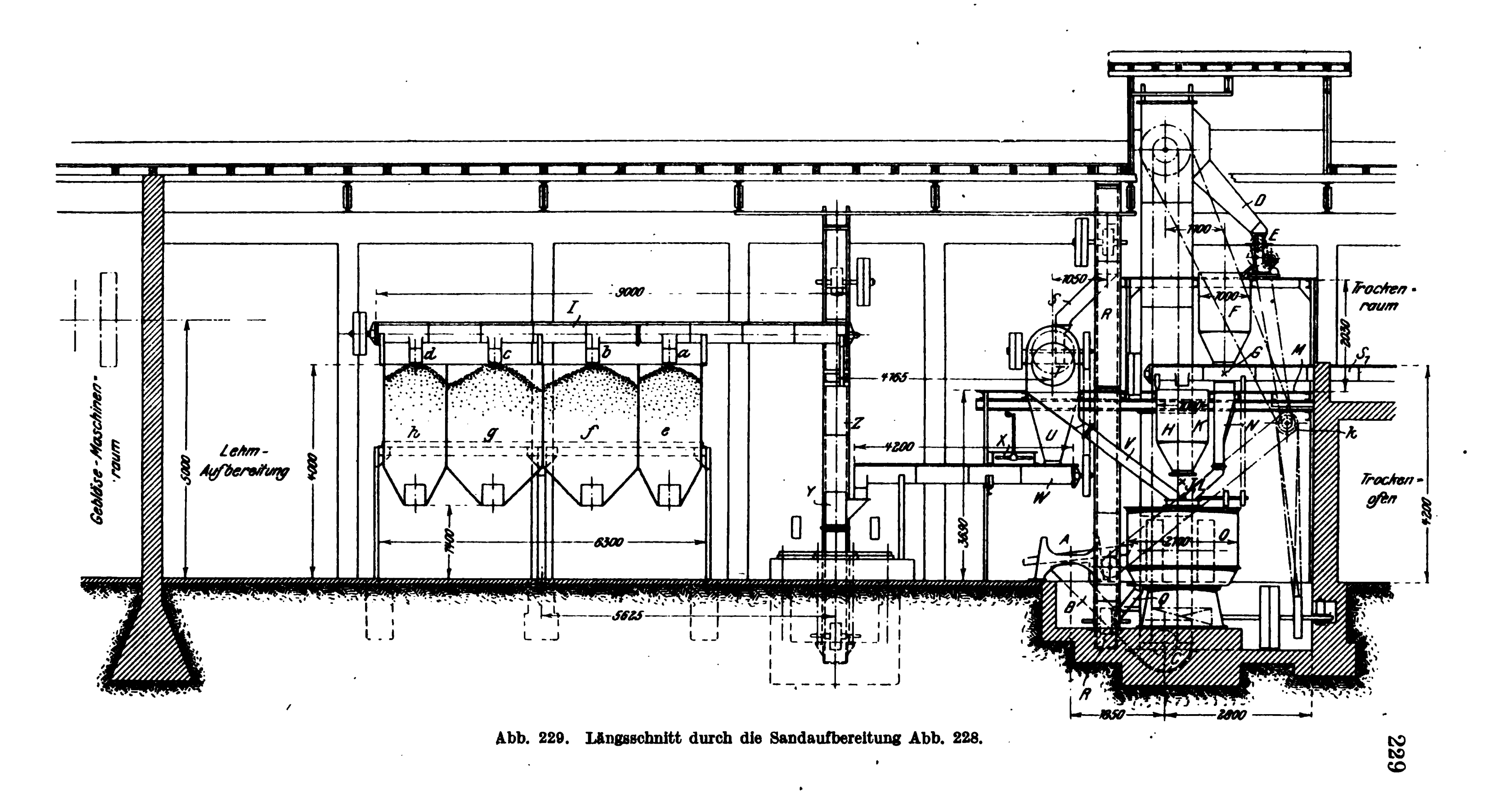


Abb. 229. Längsschnitt durch die Sandaufbereitung Abb. 228.

Ausführung der Maschinenfabrik **Brinck & Hübner** in Mannheim. Die in den Abb. 228 bis 232[1]) in vier Schnitten und einem Grundrisse wiedergegebene Anlage weicht von den bisher beschriebenen Aufbereitungsanlagen dadurch ab, daß sie den alten und neuen Sand nach entsprechender Vorbereitung jeder Sorte gemeinsam mahlt und erst dann weiter verarbeitet. Diese Arbeitsweise entspricht der Eigenart des verwendeten Rohsandes[2]) und ergibt folgende Arbeitsgliederung:

1. Reinigung des alten Sandes,
2. Trocknen des rohen Neusandes,
3. gemeinschaftliches Mahlen des alten und neuen Sandes,
4. Anfeuchten, Mischen, Auflockern und Lagern des Sandgemenges.

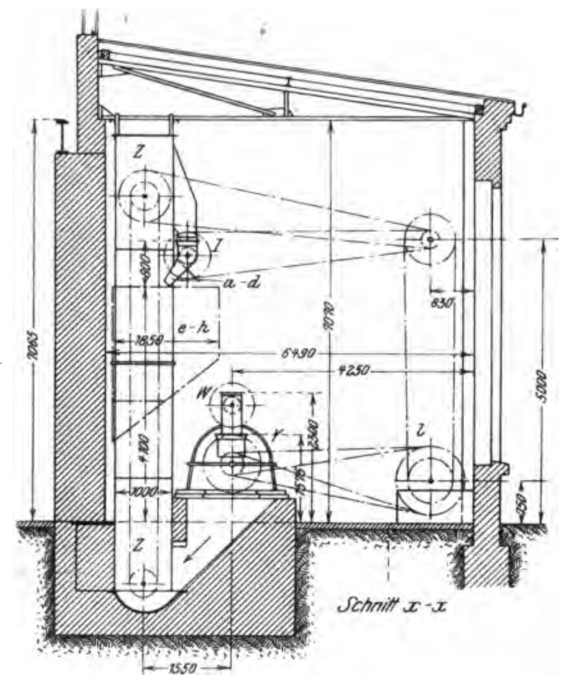


Abb. 230. Schnitt durch die Sandschleuder (x—x der Abb. 228).

Der alte Sand wird bei A auf einem Rostsiebe von den gröbsten Fremdkörpern befreit und gelangt durch die Rutsche B, das Becherwerk C und die Verteilungsrinne D zum Magnetabscheider E, der ihn,

---

[1]) Nach Th. Ehrhardt, Stahl und Eisen 1910, Tafel XXX. Die Anlage wurde von Brinck & Hübner, Mannheim, für die Hartung-A.-G. in Berlin-Lichterfelde ausgeführt.

[2]) Es handelt sich um die trefflichen, körnigen und verhältnismäßig tonarmen Formsande aus Halle a. d. S., Fürstenwalde a. d. Spree und vom Harz.

von allen Eisenteilen befreit, dem Behälter *F* abgibt (Abb. 229). Der Behälter *F* faßt 1 cbm und wird unten durch einen regelbaren Stoßaufgeber *G* abgeschlossen.

Der getrocknete Neusand gelangt aus dem Trockenraume mittels der Förderschnecke S_1 in den Behälter *H*, der gleich dem Behälter *F* unten durch einen regelbaren Stoßaufgeber *J* abgeschlossen ist.

In den Behälter *K*, der unten durch eine Austragschnecke *L* abgeschlossen ist (Abb. 232), wird von Hand Kohlenstaub aufgegeben. Der Stoßaufgeber *G* (Altsand) arbeitet durch eine geschlossene Rinne in

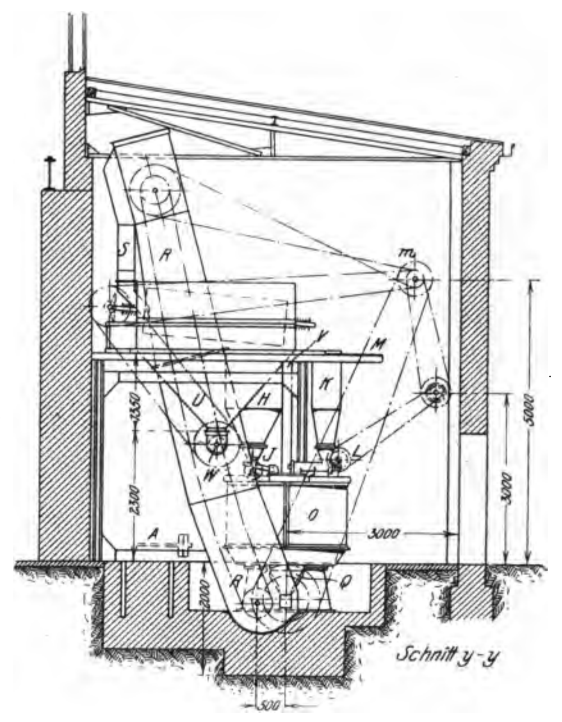


Abb. 231. Schnitt durch die Altsandaufbereitung (*y*—*y* der Abb. 228).

den Kollergang *O*, während der Stoßaufgeber *J* (Neusand) und die Austragschnecke *L* (Kohlenstaub) auf die Staubhaube des Kollerganges *O*, in den sie unmittelbar arbeiten, montiert sind (Abb. 231). Alle drei Aufgabevorrichtungen werden vom Vorgelege *P* (Abb. 232) angetrieben und können so gemeinsam ein- und ausgeschaltet werden. Die drei Grundstoffe werden im Kollergang gemahlen und trocken gemischt und gelangen gut vorbereitet durch die Rutsche *Q*, das Becherwerk *R* und die Rinne *S* in das fünfseitige Trommelsieb *T*. Das Grobe wird durch die Fallrinne *V* in den Kollergang zurückgebracht, während der Sieb-

durchfall sich im Behälter *U* Abb. 229 sammelt. Eine Schnecke *W* schafft ihn ununterbrochen aus dem Behälter in die ihr angeschlossene Rinne, wo der Sand durch die Brause *X* befeuchtet wird, und schiebt ihn unter fortwährendem Durcheinandermischen der Schleudermaschine *Y* zu. Der in dieser Maschine gründlich gelockerte und durchlüftete Formsand wird in das Grundstück des Becherhebers *Z* geworfen, der ihn an die Verteilungsschnecke *I* abgibt, die mit ununterbrochenem Schneckengang ausgestattet ist (Abb. 230). Die Verteilungsschnecke *I*

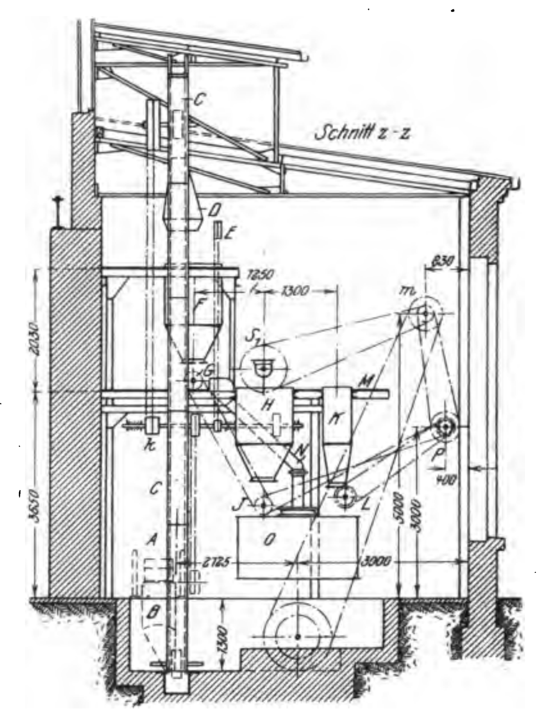


Abb. 232. Schnitt durch die Neusandaufbereitung (*z—z* der Abb. 228).

hat vier mit den Einlässen der unter ihr angeordneten Behälter *h, g, f, e* übereinstimmende, mittels Schieber verschließbare Öffnungen *d, c, b, a* (Abb. 229), durch die der Sand nach Bedarf in die einzelnen Abteilungen verteilt werden kann.

Die gesamte Aufbereitungsanlage wird von der Hauptwelle *m* aus und mittels der Vorgelege *P, k* und *l* angetrieben. Die Welle *m* wird von einem im Gebläseraum aufgestellten Motor getrieben. In neunstündiger Arbeitszeit können 30 cbm Modellsand aufbereitet werden, wozu zwei gering angestrengte Arbeiter erforderlich sind. Vor Aufstellung der Anlage waren sieben bis acht Mann mit der Herstellung

des Formsandes beschäftigt, und man war ständig durch Staub und Schmutz belästigt. Die neue Anlage läßt infolge der Ummantelung aller stauberzeugenden Maschinen und sonstiger Vorkehrungen keine nennenswerte Staubbildung aufkommen.

Die Aufbereitung des Lehmes.

Während der Formsand nur mit so viel Wasser befeuchtet wird, daß er eben genügende Bindekraft erlangt, muß dem Lehm so viel Wasser zugesetzt werden, daß er die Form eines dicken, klebrigen Breies erhält. Für besondere Zwecke wird mitunter Fettlehm getrocknet und gemahlen, ehe man ihm Wasser und Magerungsmittel zusetzt. Man benutzt dann die gleichen Trocken- und Zerkleinerungsvorrichtungen wie für den Formsand. Gewöhnlich verarbeitet man aber den rohen Lehm so, wie er aus der Grube kommt. Auch bei der Bereitung des Form- und Kernlehmes ist die innige Mischung seiner Bestandteile von größter Wichtigkeit. Die Handarbeit, bei der der Lehm in abwechselnden Schichten mit den Zusätzen auf eisernen Platten ausgebreitet, mit flachen Schlägern geschlagen, durchgeschaufelt, aufs neue ausgebreitet und geschlagen u. s. f. wurde, bis eine gleichmäßige Mischung erreicht war, ist wohl heute allgemein aufgegeben und durch die weitaus billigere und bessere Ergebnisse bewirkende mechanische Bearbeitung ersetzt worden.



Abb. 233. Tonschneider.

Stückiger oder ungleichmäßig gekörnter Lehm wird auf Kollergängen gemahlen. Am besten eignen sich Kollergänge mit Riffelnwalzen und umlaufenden Teller (Abb. 86, S. 122) dazu. Sie dienen zugleich zur guten Beimischung etwaiger Zusätze (Magersand, Häcksel, Koksstaub) und führen sehr rasch zur gleichmäßigen Verteilung eines etwaigen Wasserzusatzes.

Am verbreitetsten sind stehende Tonschneider, Abb. 223 [1]). Sie bestehen aus einem meist mehrteiligen, gußeisernen Gehäuse, in dem sich

---

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach.

eine mit einer Reihe auswechselbarer Mischflügel versehene Knetwelle bewegt. Das Gehäuse hat oben eine Erweiterung, durch die der Lehm aufgegeben wird, und unten eine Auslauföffnung, die mit einem Schieber absperrbar ist. Mehrere mit Gelenkklappen verschließbare Seitenöffnungen ermöglichen es, die Mischflügel leicht und gründlich zu reinigen.

Für größeren Bedarf werden wagrechte Knetmaschinen mit und ohne Vorwalzen benutzt. Abb. 234 zeigt eine sehr leistungsfähige Knetmaschine liegender Bauart [1]). Sie enthält zwei Speisewalzen, die den rohen Lehm zerdrücken, ehe er in den Arbeitszylinder gelangt. Die stählerne Knetwelle läuft gleich der oberen Antriebswelle in langen

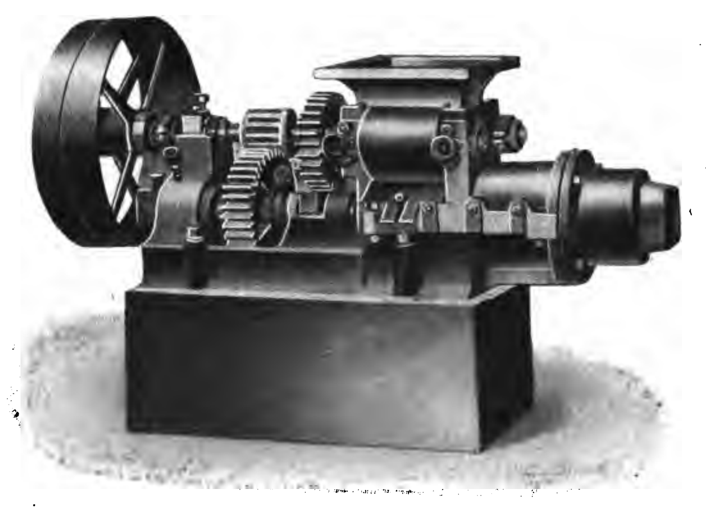


Abb. 234. Maro-Kernlehmpresse.

starken Lagern mit Fettschmierung. Sie besteht aus zwei Teilen, eine Hälfte dient zum Antriebe, die andere, auswechselbare, ist mit angegossenen Mischflügeln versehen, die den Lehm gründlich durchkneten und zum Austragende des Zylinders schieben. Ein Preßmundstück schließt das Austragende ab und läßt sich so einrichten, daß die Maschine ähnlich wie eine Kernstopfmaschine zur Anfertigung glatter Kerne benutzt werden kann.

Der Anlage selbsttätiger Lehmaufbereitungen stehen infolge der Beschaffenheit des Rohstoffes Hindernisse entgegen, die noch nicht völlig überwunden werden konnten; zudem gab der verhältnismäßig geringere Bedarf an Formlehm weniger Anreiz zur Schaffung solcher Anlagen. Immerhin sind auch hier schon sehr bemerkenswerte Erfolge

[1]) Die Maschine wird von der Maschinenfabrik Roscher, G. m. b. H. in Görlitz gebaut und ist als „Maro-Kernlehmpresse“ bekannt.

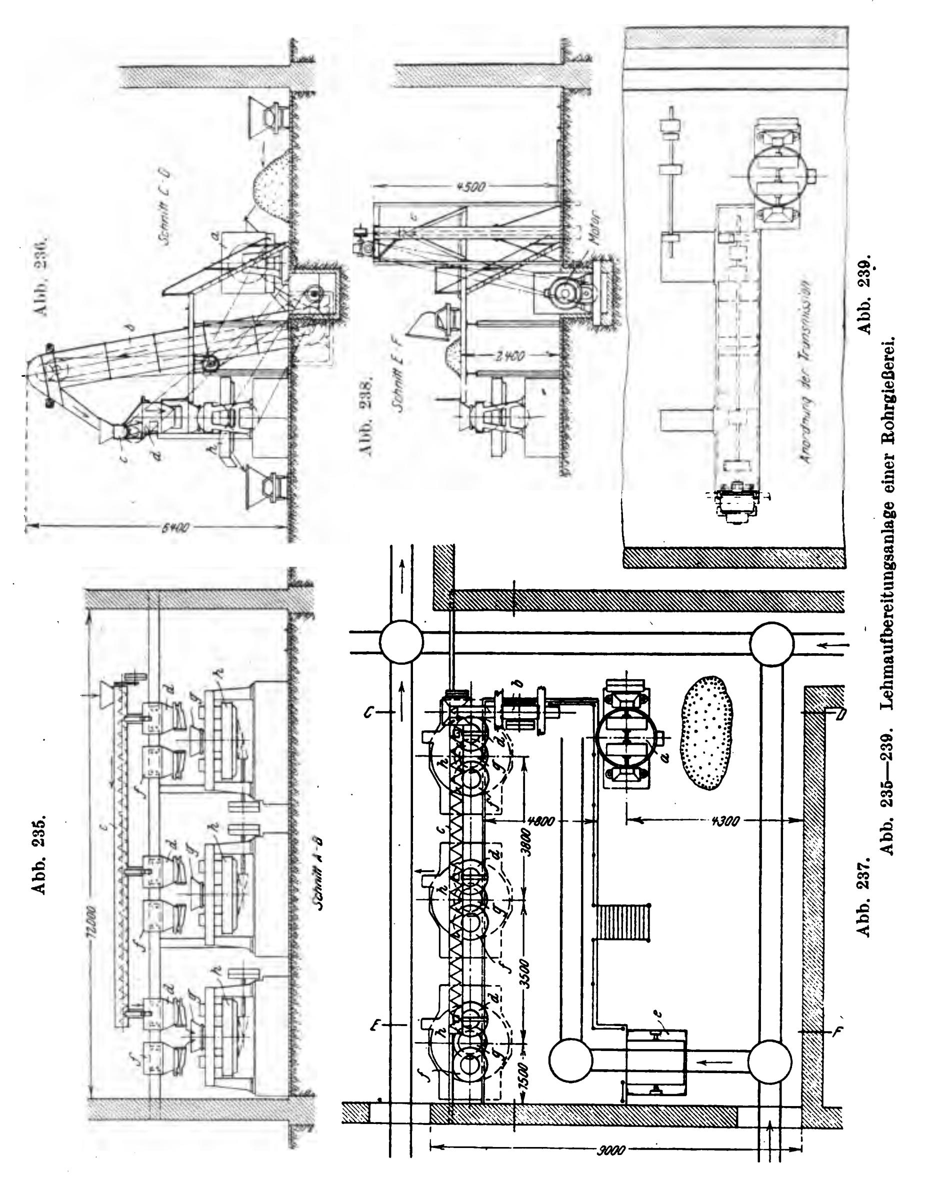


Abb. 235. Abb. 236. Abb. 237. Abb. 238. Abb. 239.

Abb. 235—239. Lehmaufbereitungsanlage einer Rohrgießerei.

zu verzeichnen. Die Abb. 235 bis 239 zeigen den Plan einer teilweise selbsttätigen Lehmaufbereitung für eine Rohrgießerei [1]). Der fertige Lehm besteht aus altem Lehm, Wasser, neuem Lehm und Strohhäcksel. Der alte Lehm wird im Kollergang *a* gemahlen, vom Becherwerk *b*

[1]) Badische Maschinenfabrik, A.-G. in Durlach. Nach E. Leber, Stahl und Eisen 1912, S. 898 und 900.

und der Förderrinne *c* in die über den Mischern *g* angeordneten Behälter *f* gebracht, und durch paarweise zusammen arbeitende Schüttelböden in den Vormischer *g* geschüttet, aus dem es in den Mischkollergang *h* gelangt.

Der nasse Neulehm und das geschnittene Stroh werden vom Aufzug *e* auf eine zugleich als Lagerplatz dienende Bühne gehoben und von Hand in den Kollergang *h* gebracht. Nach einer anderen Arbeitsweise schüttet man das Strohhäcksel in die Behälter *f*, von dem aus es dem Altlehm beigemischt wird. Die Kollergänge, denen aus einer Druckleitung nach Bedarf Wasser zugeführt wird, arbeiten das Gemenge gründlich durcheinander, um es schließlich in kleine Abfuhrwagen auszutragen. Die Anlage liefert, wenn alle drei Kollergänge voll beansprucht werden, stündlich 2 cbm Lehm.

Die Aufbereitung des Kernsandes und der Kernmasse.

Die Aufbereitung des Kernsandes verläuft je nach seiner Zusammensetzung geradeso, wie die des Formsandes oder des Lehms. Nur die Öl- und Mehlsande und einige andere Sandarten mit künstlichen Bindern erfordern eine eigenartige Aufbereitung. Sie stellen an den Mischvorgang höhere Anforderungen als die gewöhnlichen Formstoffe, und müssen darum mit wirksameren Maschinen behandelt werden.

Vorzügliche Ergebnisse werden mit Teigknetmaschinen erzielt, wie sie von der Firma Werner & Pfleiderer in Kannstatt bei Stuttgart erbaut werden. Die Maschinen arbeiten mit eigenartig geformten Knetflügeln, die den teigigen Einsatz in gründlichster Weise durchkneten und innig mischen. Sobald eine durchaus gleichmäßige Mischung erreicht ist, wird der Apparat stillgesetzt und der Trog mittels einer mechanischen Einrichtung gekippt. Der Austrag des Kernsandes erfolgt dann selbsttätig in untergestellte Behälter, nur ein kleiner Rest muß mit Hilfe von Handbrettchen herausgestrichen werden. Abb. 240 zeigt einen solchen Mischer mit halbgekipptem Troge.

Wenn der Rohsand knollig ist und der Auflockerung bedarf, oder wenn verschiedene Rohsande gemischt werden müssen, tut ein Kernsandmischer nach Abb. 241[1]) treffliche Dienste. Er besteht aus einer einfachen Stiftschleuder mit wagrechter Achse und einem darunter angeordneten Mischtroge. Der Antrieb erfolgt von einer Scheibe aus, die die Achse der Schleudermaschine treibt. Durch ein Stirnradvorgelege auf der anderen Seite der Schleudervorrichtung wird die Bewegung verlangsamt auf die Knetwelle im Mischtrog übertragen. Das Öl wird aus einem Behälter durch ein Verteilungsrohr der Sandmischung im Troge tropfenweise zugeführt.

[1]) Ardeltwerke, G. m. b. H. in Eberswalde bei Berlin.



Aufbereitung der Mehl- und Stärkemasse. Das Mehl wird in kaltem Wasser gelöst. Zur Vermeidung von Knöllchenbildungen darf es nur allmählich und unter fortwährendem Verrühren auf das Wasser gestaubt werden. Weizen- und Roggenmehl wird nun ohne weiteres dem Formsande beigefügt. Kartoffelmehl wird in gleicher Weise kalt

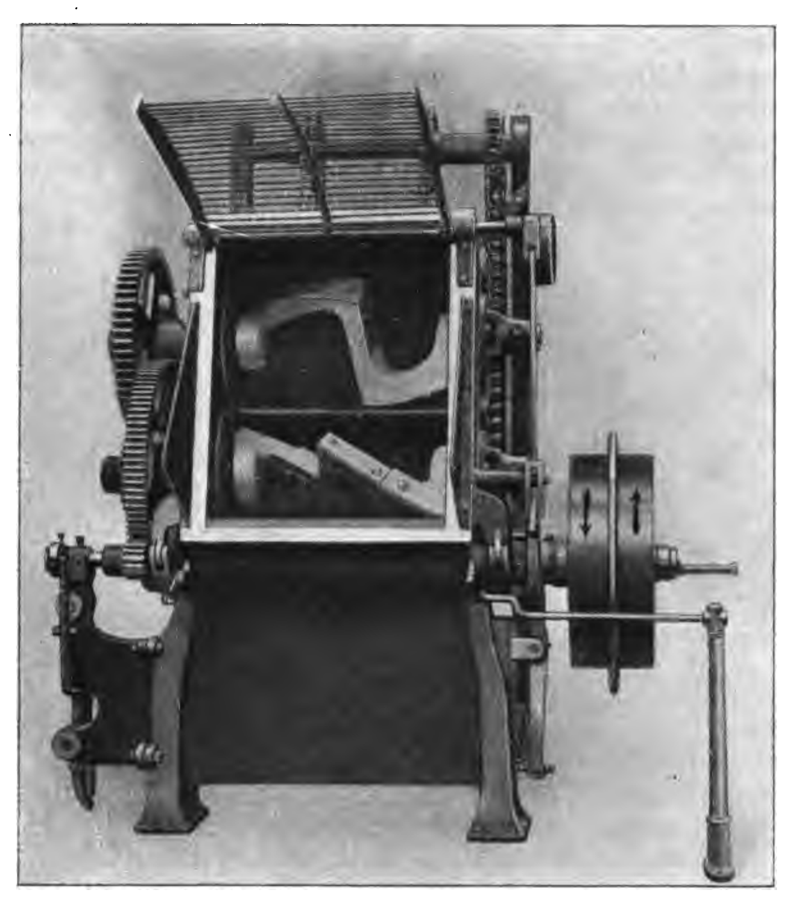


Abb. 240. Knetmaschine von Werner & Pfleiderer.
(Zwecks Entleerung und Reinigung hochgekippt.)

in Wasser gelöst, dann aber einmal aufgekocht und im warmen Zustande mit tonfreiem Quarzsande (Fluß- oder Maurersand) gemischt. Es muß darauf geachtet werden, daß der Mehlbrei nur einen Augenblick aufkocht, da ihm längeres Kochen die Backfähigkeit nimmt. Der abgekühlte, mit Kernsand gemengte Brei neigt zum Sauerwerden, in welchem Zustande er nicht mehr backfähig ist. Man muß ihn darum sofort verarbeiten und die fertigen Kerne rasch in die Trockenkammer bringen.

Die Trockenwärme liegt zwischen 175 und 190° und ist möglichst gleichmäßig einzuhalten.

Aufbereitung der Quellinemasse. Sand — feinkörniger Quarzsand, gebrauchter Formsand, ausgesiebter Putzereiabfallsand — und Quelline werden trocken miteinander vermengt und dann gut angefeuchtet, wozu etwas mehr Wasser als bei tonhaltigen Kernsanden erforderlich ist. Das vorgemischte Gemenge wird in einer Sandschleuder (Desintegrator) vollends zur innigsten Mischung gebracht und dann vor seiner Verwendung etwa 2 Stunden lang stehen gelassen. Quellinemasse hat Neigung, an den Wänden der Kernkasten kleben zu bleiben, ein Übelstand, dem durch Bepinseln der Kernkastenwände mit Petroleum zuverlässig zu begegnen ist. Die Kerne dürfen beim Trocknen ja nicht

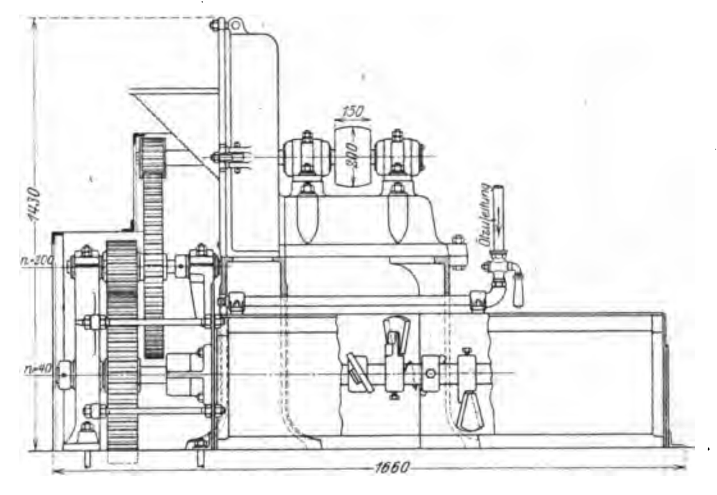


Abb. 241. Kernsandmischer, Bauart Ardeltwerke.

überhitzt werden, man darf sie gleich allen Mehlkernen nur backen. Hierzu genügt eine Temperatur von 120—180°, es lassen sich um so bessere Ergebnisse erzielen, je näher man sich an der unteren Grenze hält.

Quelline kann auch in wässeriger Lösung verwendet werden; ihre Bindekraft und Ergiebigkeit kommt dann sicher zur vollsten Geltung. Man löst 1 kg Quelline in 18—20 l kaltem Wasser (nicht mehr!). Das Wasser wird mit einem Reisigbesen oder einem breiten hölzernen Rührscheit stark bewegt und dann erst unter dauerndem starken Rühren allmählich die Quelline zugesetzt. Man rührt noch etwa eine Minute nach dem Zusatz weiter, bis sich ein breiartiges Gemenge gebildet hat, das dann zum Anfeuchten des trockenen Sandes verwendet wird.

Wenn nur feuchter Sand zu Gebote steht, muß man trockene Quelline verwenden, da sonst das Gemenge zu wässerig werden würde.

Man darf aber, um das Entstehen unlöslicher Knötchen zu vermeiden, trockene Quelline nicht unmittelbar dem nassen Sande zusetzen. Sie muß erst gründlich mit trockenem Mauer-, Putz- oder Formsand vermengt werden. Dieses trockene Sandquellinegemisch wird dem feuchten Sande zugesetzt, worauf man die etwa noch fehlende Wassermenge beifügt und das gesamte Gemenge durch eine Sandschleuder laufen läßt[1]).

Aufbereitung der Leinöl-Kolophoniummasse. Die Kernmasse besteht aus scharfem Sand, Leinöl und Kolophonium. 100 kg grubenfeuchter scharfer Sand werden mit 0,8 kg reinem Leinölfirnis und 0,4 kg feingemahlenem Kolophonium in einer Knetmaschine gründlich durchgearbeitet, worauf die Mischung ohne weiteres verwendet werden kann. Das Trocknen erfolgt bei etwa 160—180° und ist, wenn die Kerne in eine auf diese Temperatur vorgewärmte Kammer gebracht werden in einer halben Stunde erledigt.

Bewährte Formstoffmischungen.

Formsande.

Für verschiedene Metalle: Formsand für Stahlguß soll mindestens 97% Silikate enthalten, für Eisenguß ist ein wesentlich höherer Tongehalt erforderlich, für Bronze muß auf Feinkörnigkeit, hohe Durchlässigkeit und gute Bindung gesehen werden, bei Messing und Aluminium kommt es ebenfalls auf feines Korn und gute Durchlässigkeit an, wogegen etwas geringere Bindefähigkeit ausreicht.

Für schweren Grauguß[2]): 1. 40% gebrauchter Sand, 33% Hallescher Sand (grau, fett), 13% halbfetter Sand, 14% Steinkohlenstaub aus gasreichster Kohle.

2. 8 Teile alter Formsand, 6 Teile Nieder-Striegauer Sand, 6 Teile Hallescher Sand (grau, fett), 3/4 Teil gasreicher Steinkohlenstaub.

Für mittleren Grauguß[2]): 45% gebrauchter Sand, 45% Hallescher Sand (gelb, fett), 10% bester Steinkohlenstaub.

Für kleinen Grauguß[2]): 40% gebrauchter Sand, 25% fetter Sand, 25% halbfetter Sand, 10% Steinkohlenstaub.

Für kleinen Guß auf Formmaschinen[2]): 1 Teil alter Formsand, 6 Teile feiner Halberstädter Sand, 3/4 Teile Steinkohlenstaub.

Für Metallnaßguß[2]): 50% alter Sand, 48% feiner neuer Hallescher Sand, 2% Steinkohlenstaub. Der neue Sand wird am besten getrocknet und gemahlen, dann mit dem alten gemischt, befeuchtet und geschleudert. Er darf im formfertigen Zustande ja nicht zu feucht sein.

---

[1]) Angaben über das Wesen der Quelline siehe S. 80, über Mischungsverhältnisse S. 240 u. 242.

[2]) Eisenzeitg. 1918, Nr. 22, S. 272/3.

Für Metalltrockenguß[1]): $^1/_3$ alter, $^2/_3$ neuer Sand.

Für feinsten Metall-(Medaillen-)Guß: 80% Ziegelmehl (durch ein 60- bis 70maschiges Sieb gelaufen), 20% Kaolin. Trocken mischen, befeuchten, lufttrocknen, pulverisieren und nochmals sieben. Vor Gebrauch nach Bedarf anfeuchten.

Für Stahlnaßguß: 1. 70% Stahlnaßgußsand von Süchteln oder von Bottrop i. W., 30% belgischer Silbersand.

2. $^1/_2$ bis $^2/_3$ Teil Süchtelner Sand[2]), $^1/_2$ bis $^1/_3$ trockenen Silbersand, anfeuchten mit dünner Wilemitöllösung[3]), schleudern. Diese Mischung hat sich für Stücke bis zu 300 kg gut bewährt.

Quellinekernsand für Grauguß[4]). $^3/_4$—1 kg Quelline auf 100 kg mittelkörnigen Quarzsand, oder 2—3 l Quelline auf 65 l trockenen Sand (Quarzsand, Streusand, gebrauchter Formsand, gesiebter Putzereiabfallsand, Flußsand). Grobkörniger Sand bedingt höheren Quellinezusatz, allzu feinkörniger Sand wird leicht nicht genügend durchlässig. Grobkörniger Sand kann durch Zusatz von feingesiebtem Sand und allzu feiner Sand durch Zusatz von Mauersand ohne weiteres verbessert werden.

Quellinekernsand für Stahlguß[4]). 1—1,5 kg Quelline auf 100 kg Sandmischung oder 3—4,5 l Quelline auf 65 l Sandmischung. Der Rohsandmischung werden 15—20% alte Formmasse mit etwas Tongehalt 5—10% gemahlene Tiegelscherben oder gemahlener Graphit beigefügt. Bezüglich der Rohsandmischung gilt dasselbe wie beim Sande für Grauguß (s. o.). Durch Zusatz von $^1/_8$ l Leinöl oder eines ähnlichen Kernöles werden die Kerne wesentlich fester.

Form- und Kernmassen.

Für großen schweren Grauguß[5]): 50% Hallescher Formsand, 50% Lehm.

Für Lokomotivzylinder[5]): 6 Teile Lehm, 6 Teile Hallescher Formsand, 1 Teil Steinkohlenstaub.

Für kleine (Automobil-)Zylinder[5]): 4 Teile alter Formsand, 3 Teile Hallescher Formsand, $^1/_4$ Teil Steinkohlenstaub.

Für Stahlguß: 1[6]). 4 Karren Schamottemehl, je nach der herzustellenden Form durch ein 3- oder 4-mm-Sieb gelaufen, 1 Karren trockener, durch ein $2^1/_2$-mm-Sieb gelaufener Ton, 1 Schaufel Graphit.

---

1) Eisenztg. 1919, Nr. 22, S. 272/3.

2) Aus den Gruben der G. m. b. H. Franz Kleine Brockhoff Wwe. in Bottrop i. W.

3) Wilemitöl der Firma Wilhelm Emrich in Unna-Königsborn i. W.

4) Näheres über das Aufbereitungsverfahren mit Quellinezusätzen siehe S. 238.

5) Eisenzeitg. 1918, Nr. 22, S. 272/3.

6) Stahl u. Eisen 1918, Nr. 22, S. 483.

Trocken mischen und danach in der Mischmaschine nach Bedarf anfeuchten. Die Oberfläche der Form wird mit Hettenleidelheimer Schlichte abgerieben. (Bewährtes rheinisches Rezept.)

2[1]). 6 Teile pulverisierter Koks, 10 Teile ungebrannter blauer Ton, 17 Teile gebrannter Ton, 35 Teile Quarzsand, 32 Teile Schamottenmehl.

3[1]). 16 Teile blauer Ton, 17 Teile Schamottemehl, 67 Teile Quarzsand.

Für kleinen und mittleren Stahlguß: 1[1]). 35 Teile frischer Hallescher Formsand, 25 Teile Quarzsand, 12 Teile blauer Ton, 38 Teile Schamottemehl. (In Mitteldeutschland gern benutzte Mischung.)

2[1]). Fettarmer Kaolin von Blansko ohne jeden anderen Zusatz, nur mit Wasser nach Bedarf befeuchtet. (Auf einem großen mährischen Werke für Stücke bis zu 1500 kg Einzelgewicht seit Jahren gut bewährt.)

3. $^1/_3$ bis $^2/_3$ Kaolin von Blansko, $^2/_3$ bis $^1/_3$ Stahlformsand aus den Fürstl. Salmschen Gruben in Raitz bei Brünn.

Für schweren Stahlguß[2]): 2 Teile alte Formmasse, 10 Teile gemahlene Tontiegelscherben, 5 Teile Schamotte, 3 Teile weißer Ton, 1 Teil Koksmehl, 1 Teil Graphit oder Graphittiegelscherben. Sämtliche Bestandteile werden zu feinem Pulver vermahlen, etwas angefeuchtet, bis sich die Masse ballt, und danach vor dem Gebrauche etwa 24 Stunden liegen gelassen.

Für Stahlguß verschiedener Wandstärke[3]):

	Für Stücke mit 20—50 mm Wandstärke Liter		Für Stücke mit über 50 mm Wandstärke Liter		Schlichte Liter	
	a	b	c*)	d	e	f
Alte Masse	4	12	1	—	—	—
Tontiegelscherben	1	—	10	—	$^1/_2$	—
Schamotte	1	—	5	—	—	1
Weißer Ton	1	1	3	—	$^1/_2$	$^1/_2$
Koks	$^1/_2$	—	1	—	—	—
Quarzsand	—	5	—	10	—	—
Graphit	—	2	—	2	—	$^1/_2$
Graphittiegelscherben	—	—	—	—	1	—

*) Masse c ist auch zur Arbeit mit Lehren gut geeignet.

Kernmasse für Lokomotivzylinder[4]): $^1/_2$ Karre Lehm, $^1/_2$ Karre Hallescher Formsand, 1 Eimer Kuhmist.

1) Stahl u. Eisen 1918, Nr. 22, S. 483.
2) Eisenzeitg. 1918, Nr. 32, S. 415.
3) Stahl u. Eisen 1904, S. 958.
4) Eisenzeitg. 1918, Nr. 22, S. 273.

Quellinekernmasse[1]). 1 kg Quelline auf 18—20 l Wasser. Auf 100 kg trockene Sandmischung 19 l Quellinelösung. Bei Verwendung tonhaltigen Sandes wird bis auf die Hälfte des Quellinelösungzusatzes herabgegangen.

Formlehme.

Gelber Lehm zum Aufmauern: 2 Teile fetter Sand, 2 Teile Mauersand (scharfer Sand), 2 Teile Flachsscheven.

Schwarzer Lehm zum Vollziehen der Formen und Kerne: 2 Teile fetter Sand, 2 Teile Mauersand, 2 Teile Flachsscheven, 1 Teil gemahlener Koks.

Lehm für Kokillenkerne: 2 Teile fetter Sand, 2 Teile Mauersand, 2 Teile Flachsscheven, $1^1/_2$ Teil gemahlener Koks, 1 Teil gemahlene feuerfeste Steine.

---

[1]) Aufbereitungsverfahren mit Quellinezusatz siehe S. 80.

Sachverzeichnis.

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Das schmiedbare Eisen, Konstitution und Eigenschaften. Von Professor Dr.-Ing. **Paul Oberhoffer** in Breslau. Mit 345 Textabbildungen und einer Tafel. Preis M. 40.—; gebunden M. 45.—

Lehrbuch der allgemeinen Hüttenkunde. Von Oberbergrat Prof. Dr. **Carl Schnabel** in Berlin. Zwei Bände.

I. Band. Dritte Auflage. In Vorbereitung

II. Band. Zweite Auflage. Mit 534 Abbildungen im Text. Preis M. 22.—; gebunden M. 24.—

Grundzüge des Eisenhüttenwesens. Von Dr.-Ing. **Th. Geilenkirchen.** I. Band: Allgemeine Eisenhüttenkunde. Mit 66 Textabbildungen und 5 Tafeln. Gebunden Preis M. 8.—

Die Praxis des Eisenhüttenchemikers. Anleitung zur chemischen Untersuchung des Eisens und der Eisenerze. Von Dozent Dr. **Carl Krug** in Berlin. Mit 31 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 6.—

Lötrohrprobierkunde. Anleitung zur qualitativen und quantitativen Untersuchung mit Hilfe des Lötrohres. Von Professor Dr. **C. Krug.** Mit 2 Figurentafeln. Gebunden Preis M. 3.—

Chemische Untersuchungsmethoden für Eisenhütten und deren Nebenbetriebe. Eine Sammlung praktisch erprobter Arbeitsverfahren. Von Chefchemiker **Albert Vita** in Friedenshütte und Dr **Carl Massenez** in Breslau. Mit 26 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 4.—

Probenahme und Analyse von Eisen und Stahl. Hand- und Hilfsbuch für Eisenhütten-Laboratorien. Von Professor Dipl.-Ing. **O. Bauer** und Dipl.-Ing. **E. Deiß.** Mit 128 Textabbildungen. Gebunden Preis M. 9.—

Die praktische Nutzanwendung der Prüfung des Eisens durch Ätzverfahren und mit Hilfe des Mikroskopes. Kurze Anleitung für Ingenieure insbesondere Betriebsbeamte. Von Dr.-Ing. **E. Preuß** † (Darmstadt). Mit 119 Textabbildungen. Zweite Auflage. In Vorbereitung

Hierzu Teuerungszuschläge

